



شوال ١٤٣١هـ/سبتمبر ٢٠١٠م

مجلة فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

السنة (٢٤) العدد (٩٦)

الجيوفيزياء التطبيقية

الاستكشاف السيزمي

تقنية الرادار الأرضي

الجيوفيزياء والآثار

ISSN 1017 3056

منهــاج النشــر

أعزاءنا القراء:

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة:

- يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها.
- أن يكون ذا عنوان واضح ومشوّق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال.
- في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال.
- أن لايقل المقال عن ثماني صفحات ولايزيد عن أربع عشرة صفحة مطبوعة.
- إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها.
- إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .
- المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها.
- يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية لاتتجاوز ١٠٠٠ ريال .

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية KACST

المراسلات

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر
ص ب ٦٠٨٦ - رمز بريدي ١١٤٤٢ - الرياض
هاتف ٤٨٨٣٥٥٥ - فاكس ٤٨١٣٣١٣

Journal of Science & Technology
King Abdulaziz City For Science & Technology
Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086
Riyadh 11442 Saudi Arabia

jscitech@kacst.edu.sa
www.kacst.edu.sa



محتويات العدد

كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

يحتوي باطن الأرض على ثروات هائلة سخرها الخالق سبحانه وتعالى لبني البشر، كما أشارت إلى ذلك الآية الكريمة» وهو الذي خلق لكم ما في الأرض جميعاً ..الآية». تمثلت تلك الثروات في المياه الجوفية والنفط والغاز والفحم والمعادن والفلزات الثمينة وغيرها، كما سهلت اكتشاف الآثار القديمة.

تختفي تلك الثروات في باطن الأرض، مما يصعب التعرف عليها واكتشافها، ولكن حاجة الإنسان إليها على مر العصور جعلته يفكر في طرق توصله إلى ذلك. لجأ الإنسان في السابق إلى طرق بدائية تعتمد على الصدفة، ولكن في العقود المتأخرة ابتكر طرقاً علمية تدله على أماكن توفر تلك الثروات بأقل التكاليف، ومع مرور الزمن ظهر علم جديد يختص بذلك عرف بـ «علم الاستكشاف الجيوفيزيائي»

قراءنا الأعزاء

تنوعت وتطورت طرق الاستكشاف الجيوفيزيائي حتى أصبحت تتميز بدقة وموثوقية عالية، مع سرعة في النتائج وقلة التكاليف في أكثر الأحيان. يسمح هذا التنوع بمجال واسع للاستكشاف، فقد تختص طريقة بالكشف عن مادة معينة، مثل المياه الجوفية أو النفط، وقد تكون صالحة للكشف عن أكثر من مادة، ولذلك يتم اختيار أي منها اعتماداً على الهدف المنشود، وبحسب حدود وفاعلية كل طريقة، لأن لكل طريقة سلبياتها وإيجابياتها.

يتناول هذا العدد أهم طرق الاستكشاف الجيوفيزيائي، مثل: الاستكشاف السيزمي، والرادار الأرضي، والكهرومغناطيسي، والجيوكهربائي، والمغناطيسي، بالإضافة إلى الأبواب الثابتة التي درجت المجلة على تضمينها في كل عدد.

والله من وراء القصد وهو الهادي إلى سواء السبيل،،،



مركز الجيوفيزياء التطبيقية

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

تعد الجيوفيزياء التطبيقية من العلوم الحديثة نسبياً، وانطلاقاً من سياسة مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية في تحقيق الريادة في كل مجالات العلوم والتقنية ـ خاصة الحديثة منها ـ فقد تم إنشاء مركز لهذا التخصص عام ١٤١٢هـ.

تتنوع استخدامات الجيوفيزياء التطبيقية بحسب تنوع الأغراض البشرية، مثل: استكشاف المكامن النفطية، والمعادن، والمياه، والتكهفات، وتحديد الأجسام المدفونة، والتلوث ودراسة التراكيب الجيولوجية تحت السطحية على اختلاف أحجامها وأنواعها وأعماقها، وغير ذلك، حيث يتطلب كل نوع من هذه التطبيقات تقنية مناسبة له، فضلاً عن ذلك فقد يتطلب التطبيق الواحد عدة تقنيات لتحقيق غرض الدراسة. ولانجاز هذه الاستخدامات يتم دراسة باطن الأرض ـ الطبقات تحت السطحية ـ لتحديد خصائصه الجيولوجية والفيزيائية والهندسية بواسطة القياسات الفيزيائية دون اللجوء لعمليات الحفر المكلفة والشاقة.

الأهداف

يهدف المركز إلى تبني التطورات الحديثة في التقنيات الجيوفيزيائية واستغلالها حتى تتلاءم مع البيئة المحلية، وذلك من خلال:

- إنجاز البحوث العلمية المتخصصة في مجال الجيوفيزياء التطبيقية
- إشراك جميع الجهات البحثية المهتمة أو المستفيدة فيما يطرح من بحوث.
- تنمية وتطوير خبرة الباحثين والعاملين في المركز.

الأنشطة البحثية

يقوم المركز بأنشطته البحثية باستغلال التجهيزات الخاصة بالطرق الجيوفيزيائية المختلفة المتوفرة لديه مثل: طرق المسح الراداري، والطرق الكهربائية، والجاذبية الأرضية، والمسح المغناطيسي، والاستكشاف الكهرومغناطيسي، وسبر الآبار، والمسح السيزمي، والجيوفيزياء الهندسية.

التعاون العلمي

تصنف الجهات المعنية بالتعاون مع المركز إلى:

١- **الجهات البحثية الوطنية**: ويندرج تحتها أقسام علوم الأرض والبيئة في الجامعات، ومراكز البحوث الملحقة بها، وبعض الجهات الحكومية مثل:

- جامعة الملك عبدالعزيز- قسم الجيوفيزياء كلية علوم الأرض.
- جامعة الملك عبدالعزيز- مركز أبحاث المياه.
- جامعة الملك سعود- قسم الجيولوجيا في كلية العلوم.
- جامعة الملك فهد للبترول والمعادن- قسم علوم الأرض في كلية العلوم.
- جامعة الملك فهد للبترول والمعادن- مركز البترول.

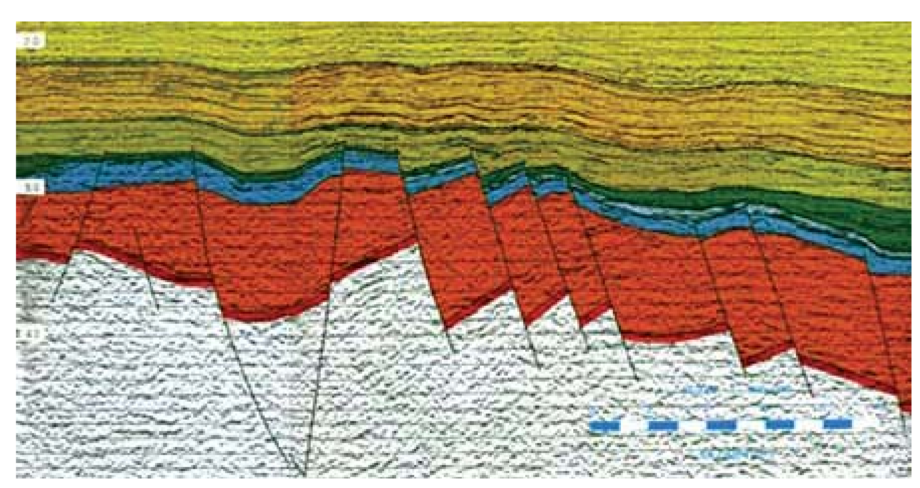
٢- **الجهات المستفيدة**: ويمكن تصنيفها بحسب التطبيقات المعتادة للجيوفيزياء التطبيقية، مثل:

- النفط والغاز (شركة أرامكو وشركات النفط، ووزارة البترول والثروة المعدنية).
- المعادن (هيئة المساحة الجيولوجية، ووزارة البترول والثروة المعدنية، وشركات التعدين).
- المياه (وزارة المياه والكهرباء، ومديريات المياه في المملكة والشركات الزراعية).
- التراكيب الجيولوجية (هيئة المساحة الجيولوجية).
- المخاطر البيئية (هيئة المساحة الجيولوجية، والمديرية العامة للدفاع المدني، ووزارة الشؤون البلدية والقروية، ووزارة الدفاع والطيران والحرس الوطني).

الإنجازات

أنجز المركز العديد من البحوث العلمية والأنشطة التطبيقية، ومنها:

١- تقييم وتطوير أداء المسح الراداري في المملكة.
٢- إنشاء منطقة اختبارات وتقييم للطرق الجيوفيزيائية البيئية.
٣- دراسة تركيب وسمك القشرة الأرضية للمنطقة الشرقية، باستخدام قياسات الجاذبية الأرضية.
٤- دراسة الهيكل التركيبي للطبقات تحت السطحية لمدينة الرياض، باستخدام بيانات الجاذبية الأرضية والمغناطيسية الجوية.
٥- دراسة الخصائص الجيوفيزيائية تحت السطحية لوادي ملكان، جنوب مكة المكرمة.
٦- دراسة تجريبية لتقييم فعالية طرق قياس



■ قطاع سيزمي يوضح التراكيب الجيولوجية تحت السطحية.

المغناطيسية الغلافية في تحديد التركيب القشري لأماكن مختارة من الدرع العربي.

٧- الاستكشاف الجيوفيزيائي لتمعدنات الكبريتيدات في جبل أصفر ثويليل في شمال المملكة.

٨- دراسة وقياس سمك طبقة الخف وعمق صخور القاعدة في مدينة الفويلق بمنطقة القصيم، باستخدام التقنيات الكهربائية والكهرومغناطيسية.

٩- استخدام الطرق الرادارية والكهربائية في الكشف عن الكهوف تحت السطحية في منطقة الرياض.

١٠- تحديد الخزانات المائية لصالح عدة جهات، منها: مصلحة المياه بالمدينة المنورة ومكة المكرمة، وكذلك مركز الاستخبارات العامة.

١١- استخدام التقنيات الجيوفيزيائية للكشف عن النفايات المدفونة في المنطقة الشرقية بالتعاون مع معهد بحوث الطاقة الذرية. لصالح وزارة الدفاع والطيران.

١٢- كشف التكهفات في منطقة الصمان بالتعاون مع جامعة الملك سعود لصالح وزارة النقل.

١٣- قياس عمق الأعمدة الخراسانية للأرصفة البحرية في قاعدة الملك فيصل البحرية بجدة.

١٤- الكشف عن وجود الكهوف تحت السطحية بمجمع كليات البنات بمنطقة الرياض.

١٥- المسح الجيوفيزيائي لأماكن تجمع المياه في منطقة القويعية.

١٦- دراسة ظاهرة الشقوق الصخرية حول مدينة لينة.

١٧- فحص الجسور الخرسانية في مطار دبي الدولي بواسطة الاختبارات غير المتلفة.

١٨- دراسة تأثير ردم النفايات المختلفة على تلوث المياه الجوفية بمدينة الرياض.

١٩- تطوير المسح الراداري الاختراقي لقياس سمك الكثبان الرملية في المملكة -التطبيقات البترولية.

٢٠- تقييم فعالية المسح الراداري الاختراقي للكشف عن التسربات في شبكة المياه بالرياض- نمذجة وتطبيق.

٢١- تقييم فعالية المسح الراداري والتصوير الكهربي الثنائي البعد في الكشف عن المواقع الأثرية بالمملكة.

٢٢- إجراء القياسات بطرق الجيوفيزياء الهندسية على إنشاءات خرسانية ومقارنة نتائج تلك الطرق.

٢٣- دراسة تطبيقية باستخدام الاختبارات غير المتلفة للكشف عن سوسة النخيل الحمراء باستخدام المسح الراداري.

٢٤- دراسة التكامل بين تقنيات الانكسار السيزمي الضحل، والاختراق الراداري لدعم الدراسات الهندسية.

٢٥- الاستكشاف الراداري للكهوف تحت السطحية في جامعة الملك فهد للبترول والمعادن بالظهران.

٢٦- التوقيع على مذكرة تعاون بين مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، والهيئة العامة للسياحة والآثار في مجال الآثار.

٢٧- استكشاف الطبقات تحت السطحية في مشروع خادم الحرمين الشريفين لتوسعة الحرم المكي الشريف، باستخدام العديد من الطرق الجيوفيزيائية.

٢٨- الكشف عن التكهفات القريبة من السطح في موقع جامعة الملك سعود للعلوم الصحية (الأحساء) باستخدام طرق التصوير الكهربي ثنائي البعد والمسح الراداري.

٢٩- دراسة الطبقات القريبة من السطح في مواقع بعض السدود بمنطقتي الرياض والقصيم باستخدام طرق التصوير الكهربي ثنائي البعد.

٣٠- تقرير علمي مفصل لدراسة ظاهرة التصدعات والتشققات الأرضية بمركز الأضارع التابع لإمارة منطقة الجوف.

٣١- دراسة ظاهرة التصدعات والتشققات الأرضية في مركزي مدرج وأوثال - منطقة القصيم - باستخدام الطرق الجيوفيزيائية و الجيوهندسية.

الخاتمة

يسعى المركز بشكل دائم إلى تسخير جميع طاقاته لتحقيق رؤيته وأهدافه، وذلك بالتطوير الدائم لخدماته المقدمة وأساليب العمل ونقل التقنيات الحديثة، وتدريب المختصين ومد جسور التعاون مع القطاعات الحكومية والخاصة وكذلك الجامعات ومراكز البحث العلمي في الداخل والخارج.



■ جهاز كهرومغناطيسي للكشف عن المعادن.



الجيوفيزياء التطبيقية

أ.د. محمد حسين سعد

أدى استخراج الوقود الأحفوري (النفط والغاز والفحم)، والمعادن المفيدة من باطن الأرض بصورة مستمرة، وبمعدل متزايد إلى مخاوف من حدوث نقص وشيك لهما؛ مما قد يهدد الاقتصاد العالمي، وطريقة حياة البشر في العالم خاصة المتحضر. وفضلاً عن ذلك فإن زيادة استهلاك الموارد الطبيعية تؤدي إلى ظهور المشاكل البيئية بكافة أنواعها وصورها، ومن ثم أصبح من الضروري العمل على استكشاف أماكن جديدة للمصادر الطبيعية، مع تنمية المصادر الموجودة حالياً لزيادة الاحتياطي المخزون منها، وإيجاد حلول علمية للمشاكل البيئية المصاحبة لاستنزاف واستهلاك تلك المصادر.

اعتمدت طرق الاستكشاف في القرن العشرين على الملاحظات والشواهد الحقلية السطحية المباشرة لترسبات وعروق المعادن، ورشوحات الهيدروكربونات المتراكمة على سطح الأرض، ومحاولة معرفة امتدادات هذه المصادر تحت السطح بطرق غير مباشرة، من خلال ملاحظة وتتبع المعلومات والبيانات الجيولوجية السطحية في هذه الأماكن، إلا أن هذه الطرق لم تحقق الهدف المنشود منها، وهو زيادة المخزون من مصادر الطاقة.

ومن هنا كان من الضروري البحث عن طرق استكشافية حديثة لاتعتمد بصفة أساس على المشاهدات الجيولوجية السطحية، بل تستخدم قياسات فيزيائية على سطح الأرض يمكن من خلال تفسيرها الحصول على معلومات عن تركيب وتكوين الصخور تحت السطحية، والتي تفيد في تحديد مواقع التراكيب الجيولوجية المختلفة التي تحوي العديد من مكامن النفط والغاز والمياه الجوفية.. وغيرها، وهذا مايسميه العلماء علم الجيوفيزياء التطبيقية.

يرتكز علم الجيوفيزياء (Geophysics) بصفة أساس على علمي الجيولوجيا والفيزياء، فضلاً عن ارتباطه بالعديد من العلوم الأخرى – التي تلعب دوراً مهماً في تطوره وتقدمه – مثل الرياضيات، والفلك، والحاسبات الآلية، والأرصاد الجوية، ويوضح الشكل (١) علاقة الجيوفيزياء بالعلوم الأخرى، ومجالات بحثها، والطرق الجيوفيزيائية المستخدمة في أنواع الاستكشاف المختلفة.

أقسام علم الجيوفيزياء

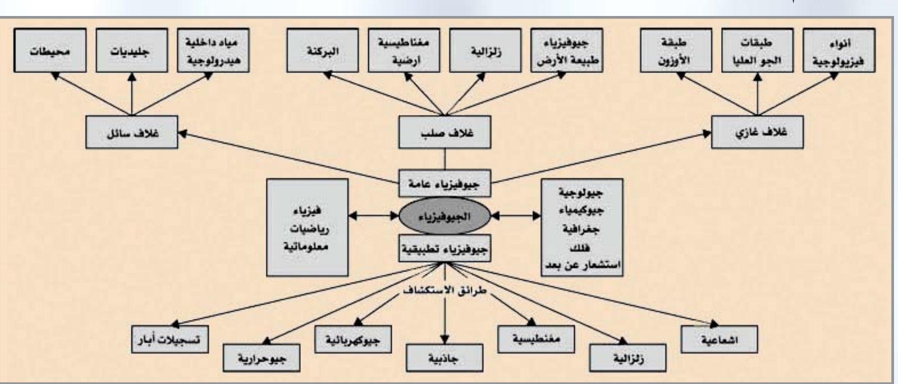
ينقسم علم الجيوفيزياء إلى فرعين هما:

- **فيزياء الأرض**

يختص فيزياء الأرض (Physics of the earth) باستخدام كل فروع الفيزياء وتقسيماتها المتعددة من مغناطيسية وجاذبية وكهربائية.. وغيرها في دراسة كل ماينتمي إلى الأرض بداية من الأجزاء الصخرية الصغيرة إلى الطبقات والتراكيب الجيولوجية بمختلف أحجامها وأعماقها إلى باطن الأرض كجزء من المجموعة الشمسية.

- **الجيوفيزياء التطبيقية**

تعتمد الجيوفيزياء التطبيقية (Applied geophysics) بصفة أساس على قياس التغيرات الأفقية أو الرأسية في الخواص الفيزيائية للأجسام والتراكيب الجيولوجية المدفونة على أعماق مختلفة تحت سطح الأرض، حيث إن الاختلاف في الخواص الفيزيائية (التباين-Contrast) بين أي جسم وما حوله يساعد على اكتشاف وتحديد عمق وشكل وتركيب امتداد هذا



■ شكل (١) علاقة علم الجيوفيزياء بالعلوم الأخرى، ومجالات بحث الجيوفيزياء العامة، والطرق الجيوفيزيائية المستخدمة في الاستكشاف.

الجسم، أي أنه يمكن القول: إن الأجسام تكشف عن نفسها من خلال خواصها الفيزيائية.

يتم قياس التباين في الخواص الفيزيائية للصخور- مثل الكثافة والتأثرية المغناطيسية (Magnetic susceptibility)، والمقاومة الكهربائية، وسرعة انتشار الموجات- بواسطة أجهزة علمية عالية الحساسية يتم استخدامها طبقاً لنوع وهدف المسح وتضاريس منطقة الدراسة. تعمل أجهزة القياس إما على سطح الأرض (المسح الأرضي) أو تثبت في سفن بحرية (المسح البحري) أو تزود بها طائرات مجهزة للمسح الجوي الإقليمي خاصة في الأماكن صعبة التضاريس مثل: الجبال، والأدغال، وكذلك المستنقعات والبحيرات والمناطق الجليدية التي يصعب على الانسان الوصول إليها والعمل فيها باستخدام وسائل النقل العادية. وفضلاً عن ذلك فإن تكلفة المسوحات البحرية والجوية أقل عدة مرات - مقارنة بالمسوحات الأرضية -لأنها تغطي مساحات واسعة في أوقات قصيرة مما يوفر الوقت والجهد.

أدى التطور الهائل في الصناعات الإلكترونية، وبرامج وقدرات الحواسب الآلية الحديثة إلى تطور صناعة الأجهزة الجيوفيزيائية، وزادت قدراتها ودقتها، وتعددت أغراضها واستعمالاتها ونجاحاتها في الكشف عن التراكيب الجيولوجية تحت السطحية، وما تحتويه من ثروات طبيعية، ومياه جوفية... وغيرها.

فضلاً عن ذلك يوجد الآن شركات عالمية متخصصة في طرق المسح الجيوفيزيائي، وتصميم البرامج الجيوفيزيائية، وصناعة طائرات المسح الجوي، وكذلك السيارات الخاصة بالمسح الأرضي وتزويدها بالأجهزة الدقيقة المناسبة لذلك. وقد صاحب هذا التطور أيضاً ظهور أجهزة مبرمجة للمسح الجيوفيزيائي تقوم بجميع عمليات الرصد والتصحيح، ورسم الخرائط الكنتورية، وتحديد أعماق الأجسام والتراكيب الجيولوجية التي تحتوي على العديد من الثروات الطبيعية التي أودعها الخالق سبحانه وتعالى رزقاً لعباده في باطن الأرض.

ومن هنا نستطيع القول: إن علم الجيوفيزياء هو العلم الأساس في كل عمليات المسح والتنقيب.

تستخدم الجيوفيزياء التطبيقية في العديد من الاستكشافات منها:

- البحث عن النفط والغاز الطبيعي، والثروة المعدنية، وخزانات المياه الجوفية.
- تحديد التراكيب الجيولوجية تحت السطحية كالشقوق والصدوع والتتابع الطبقي، ونطاقات الضعف في الكتل الصدعية، والقباب الملحية ، والتحدبات والتقعرات.
- تحديد سمك صخور القاعدة (Basement rocks)، وبالتالي معرفة سمك وامتداد أحواض الترسيب المتواجدة بمنطقة البحث.
- تحديد سمك كل من القشرة القارية والمحيطية، والستار العلوي والسفلي ومركز الأرض.
- تحديد أماكن المياه الجوفية، ومواقع النفايات (الصناعية والكيميائية والنووية) المدفونة تحت السطح وتأثيرها على المياه الجوفية، ومخاطر انبعاث غاز الرادون المشع، وأماكن تداخل المياه المالحة في المياه العذبة.
- البحث عن الآثار التاريخية القديمة والفجوات والكهوف، والكنوز المدفونة.
- التطبيقات الهندسية: مثل: تحديد أماكن الشقوق والصدوع الموجودة أسفل المنشآت والمباني، وداخل الكتل الخرسانية، الأنفاق وخطوط الأنابيب والمواد الحديدية المدفونة تحت سطح الأرض، ومعرفة عمق طبقة صخور الأساس ونوعيتها لإنشاء السدود والخزانات ومحطات توليد الكهرباء والمحطات النووية. ومعرفة أماكن وامتداد مواسير المياه والصرف الصحي.
- الأغراض العسكرية في الكشف عن الألغام والغواصات والطائرات ومخازن الأسلحة في باطن الأرض.

آلية المسح الجيوفيزيائي

تتم عملية المسح الجيوفيزيائي من خلال الخطوات التالية:-

- تحديد الهدف المطلوب من المسح، هل للبحث عن الآثار أو المعادن أو النفط والغاز... الخ
- تحديد المساحة المطلوب مسحها، من حيث خطوط الطول وخطوط العرض.
- جمع كل البيانات والخرائط الجيولوجية والطوبغرافية والجيوفيزيائية المتاحة عن المنطقة، وذلك للاستفادة منها في إعطاء صورة عن الدراسات السابقة بالمنطقة وأهم نتائجها.
- تحديد الخاصية الفيزيائية والطريقة الجيوفيزيائية المناسبة لدراسة الهدف، وبالتالي نوعية الأجهزة المطلوبة للقيام بالمسح، ودرجة دقتها وحساسيتها.
- تحديد نوع المسح هل هو أرضي أو بحري، أو جوي، وذلك طبقاً لمساحة المنطقة وطوبغرافيتها والهدف من المسح.
- جمع القراءات التي سجلتها الأجهزة، ومن ثم تصويبها ورسمها في صورة خرائط كنتورية تمثل الشذات (Anomalies) التي تدل على التغير الأفقي في خواص الصخور تحت السطحية.
- إجراء تفسير كيفي (Qualitative) وكمي (Quantitative) لهذه الخرائط؛ بهدف رسم خريطة تركيبية لسطح صخور القاعدة وما يعلوها من صخور رسوبية يمكن من خلالها معرفة عمق واتجاه وامتداد لتراكيب الجيولوجية تحت السطحية، وكذلك تحديد الأحواض الرسوبية التي تعد مصدراً مهماً لمكامن النفط والغاز والطبقات الحاملة للمياه الجوفية والخامات الاقتصادية ... وغيرها.
- عمل نماذج (Models) ثنائية أو ثلاثية الأبعاد على الخرائط الجيوفيزيائية للتأكد من البيانات التي تم الحصول عليها من التفسيرات السابقة مثل عرض وامتداد وميل التراكيب الجيولوجية المطلوب البحث عنها.
- تحديد أماكن الحفر على الأهداف المطلوب استخراجها، وتسليم هذه الخرائط والبيانات إلى متخصص الحفر لبدء عمليات التنقيب، واستخراج الثروات الطبيعية من مكامنها التي تم تحديدها.

الطرق الجيوفيزيائية

هناك عدة طرق يتم استخدامها في المسوحات الجيوفيزيائية لقياس التغير الأفقي في الصفات الفيزيائية للصخور تحت السطحية، منها الطرق الطبيعية التي تعتمد على قياس مجالات الجهد الموجودة في الصخور دون تدخل من الإنسان (مثل طرق المغناطيسية والجاذبية والإشعاعية)، ومنها ما يعتمد على بث موجات صوتية أو كهرومغناطيسية إلى داخل طبقات الأرض ثم استقبالها مرة أخرى بعد انعكاسها

وانكسارها على سطح الطبقات الصخرية المختلفة، ومن ثم تسجيلها بواسطة أجهزة تسجيل خاصة موجودة على سطح الأرض (مثل الطرق السيزمية والرادارية).

تستخدم بعض هذه الطرق الجيوفيزيائية بصفة أساسية في البحث عن الهيدروكربونات، بينما تستخدم طرقاً أخرى في استكشاف المعادن، كما أن هناك طرقاً يمكن استخدامها لكلا الهدفين. فعلى سبيل المثال تستخدم طرق المغناطيسية والتثاقلية والزلزالية كوسيلة أساسية في الكشف عن النفط والغاز، بينما تستخدم الطرق الزلزالية الكهربائية في استكشاف الثروات المعدنية، وحديثا بدأ بالولايات المتحدة الأمريكية استخدام الطريقة الكهرومغناطيسية في الكشف عن النفط، والطرق المغناطيسية والكهرومغناطيسية للتنقيب عن النفط والغاز.

يمكن توضيح الطرق الجيوفيزيائية التي يتناولها هذا العدد على النحو التالي:

● الطريقة المغناطيسية

تعد الطريقة المغناطيسية الأقدم بين الطرق الاستكشافية المختلفة، وتعتمد على قياس معدل التغير الأفقي أو الرأسي في شدة المجال المغناطيسي الأرضي من نقطة إلى أخرى فوق سطح الأرض. يرجع هذا التغير أو التباين في شدة المجال بصفة أساسية إلى وجود بعض المتداخلات النارية – صخور نارية جوفية– والتغيرات الطبوغرافية في سطح صخور القاعدة، ووجود بعض خامات الحديد خاصة معدن المجانيتيت ذات الخاصية المغناطيسية العالية.

يتكون المجال المغناطيسي الأرضي من جزئين رئيسين أحدهما داخلي ورئيسي ينشأ من داخل الأرض، ويمثل ٩٠٪ أو أكثر من قيمة المجال الأرضي، بينما الجزء الآخر خارجي وينشأ من مجالات كهربائية في الغلاف الهوائي المتأين المحيط بالأرض، ويشكل قرابة ١٠٪ أو أقل من المجال الأرضي.

تتم المسوحات المغناطيسية بأربع طرق رئيسة هي:

■ **المسح الأرضي:** ويتم على شبكة الطرق والمدقات والأودية في الصحارى، أو على هيئة خطوط أو خرائط ثلاثية الأبعاد.

■ **المسح البحري:** ويجري تنفيذه بواسطة السفن أو القوارب على البحار والمسطحات المائية وذلك بوضع رأس الجهاز في صندوق صغير يجر بواسطة كابل خلف السفينة على مسافة ينعدم عندها تأثيرها المغناطيسي على الجهاز.

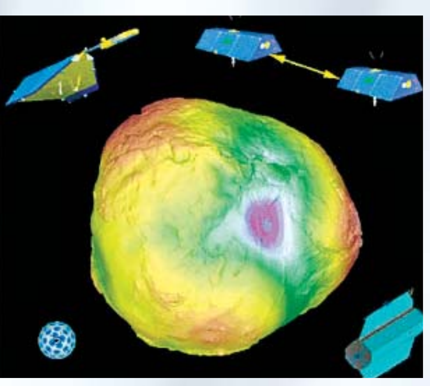
■ **المسح الجوي:** ويتم بتعليق رأس القياس أو الحساس – يوضع في صندوق انسيابي – في كابل مدلى من الطائرة بقرابة ٣٠ متراً، أو يوضع في مكان مثبت بعمود طويل غير مغناطيسي ممتد من مؤخرة الطائرة.

■ **المسح بالأقمار الاصطناعية:** وقد تم استخدامه حديثاً حيث تتم عمليات المسح المغناطيسي على ارتفاع مئات الكيلومترات.

بعد الحصول على البيانات المغناطيسية المقاسة حقلياً يتم تصحيحها ومعالجتها وتفسيرها كيفاً وكماً لاستخدامها في كثير من المجالات التطبيقية منها: البحث والتنقيب عن النفط والغاز، والركاز، والمواقع الأثرية، وخزانات المياه الجوفية، ودراسة المغناطيسية القديمة، أو تكتونية الصفائح وانتشار قاع المحيط، فضلاً عن إنتاج مواد ذات خصائص مغناطيسية مناسبة لبعض الصناعات، مثل: صناعة المغانط، والشرائط المغناطيسية المستخدمة في أجهزة التسجيل والآلات الحاسبة. وغيرها .

● الطريقة التثاقلية

بدأ الاستكشاف التثاقلي خلال الثلث الأول من القرن العشرين إلى يومنا هذا، وقد ساهم بدور فاعل ومحوري في عدة مجالات منها: البحث عن الهيدروكربونات، والمواد الخام كالحديد والملح وغيرها، والبحث عن تركيب القشرة الأرضية في الأعماق وقريباً من طبقة الوشاح.



■ قياس المجال التثاقلي للأرض باستخدام الأقمار الاصطناعية.

كما ساهم في إعطاء صورة مباشرة عن تكتونية الأرض وصفائح القشرة الأرضية، والتغييرات التي تحدث نتيجة تحركات لب الأرض. كما ساهم – أيضا – في البحث عن الكهوف والممرات الأرضية وسمك التربة، وغيرها من التطبيقات الهندسية والبيئية والعسكرية.

يمكن تقسيم أجهزة قياس التثاقلية الأرضية بصفة أساس إلى نوعين هما:

■ **أجهزة قياس مطلقة:** وتقوم بقياس القيمة المحلية للتثاقلية عند كل نقطة قياس، وعلى الرغم من دقتها الشديدة إلا أن أجهزتها ما زالت مرتفعة الثمن، وكبيرة الحجم وتحتاج إلى وقت طويل نسبياً للوصول إلى الدقة المطلوبة، إلى جانب احتياجها لمهارة ودقة من الشخص الراصد.

■ **أجهزة قياس نسبية:** وتقيس الفرق بين قياسات التثاقلية من موقع لآخر، وهذا ما نحتاجه في عمليات الاستكشاف الجيوفيزيائي.

وعلى الرغم من تنوع أجهزة القياس التثاقلي، إلا أن ستة أنواع منها فقط وصلت حيز التطبيق هي: البندولات، وأجهزه قياس السقوط الحر للأجسام، وجهاز ميزان اللي، وأجهزة الزنبرك، وأجهزة الخيط المتذبذب، وأجهزة القرص الدوار لقياس التثاقلية ومعدل تغيرها. استخدمت هذه الأجهزة في القياس سواء على الأرض أو في الآبار أو البحار أو تحت الماء أو على قيعان المحيطات أو في الجو على متن الطائرات أو في الفضاء أوحتى على سطح القمر و المريخ.

● الطريقة الإشعاعية

ترجع أهمية الاستكشاف الإشعاعي إلى انتشار كل من عناصر البوتاسيوم المشع واليورانيوم والثوريوم في صخور القشرة الأرضية بنسب متباينة تبعاً لنسبة تواجد وانتشار المعادن المحتوية على هذه العناصر المشعة في تركيبها

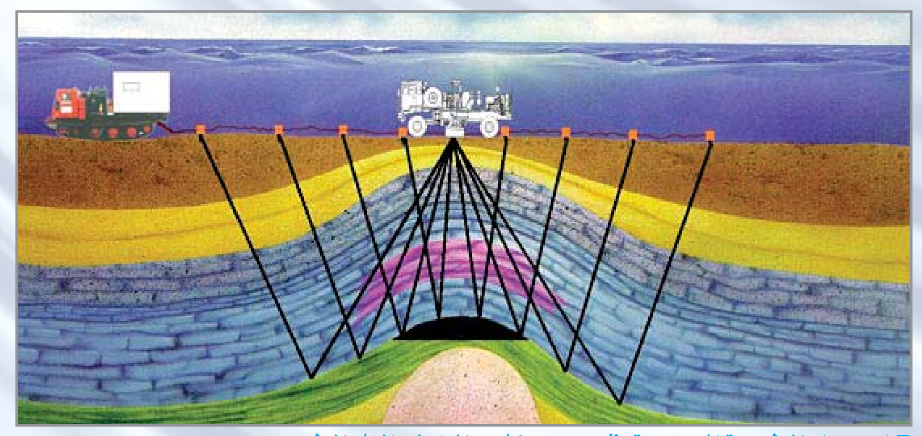


■ جهاز المسح الإشعاعي الطيفي من طراز PGIS.

الجزيئي، حيث تعد الصخور الحامضية - مثل الجرانيت والبيجماتيت - من الصخور الغنية بهذه العناصر مقارنة بالصخور القاعدية - منخفضة التراكيز منها - مثل الجابرو.، بينما تتفاوت نسب هذه العناصر في الصخور الرسوبية طبقاً لنوعيتها وظروف ترسيبها.

تكتسب أشعة جاما أهمية خاصة في عملية الاستكشاف الإشعاعي، ويمكن من خلال قياسها التعرف على وجود الصخور المشعة التي قد يصل عمقها إلى متر تحت سطح الأرض. فضلاً عن إمكانية قياسها إما بالأجهزة الأرضية - مثل عداد جيجر مولر، وجهاز هانس الذي يتكون من وحدة الحساس، ووحدة تحليل الإشارات وعرض النتائج - أو باستخدام طائرات الهليكوبتر في المناطق صعبة التضاريس مع رصد نقطة قياس كل ٣٠ - ٦٠ متراً، والطائرات ذات الأجنحة الثابتة في حالة التضاريس المنخفضة لرصد نقطة قياس كل ٥٠ - ٨٠ متراً.

يعد الاستكشاف الإشعاعي الجوي أحد الطرق المهمة في مجال الاستكشاف الجيوفيزيائي للبحث عن عدة مصادر طبيعية منها: المعادن المشعة كاليورانيوم والثوريوم لاستخدامها في تشغيل المفاعلات النووية كمصادر للطاقة، وعمليات استكشاف البترول، حيث يوضح تفسير المعطيات الإشعاعية نوعية الصخور والتراكيب السطحية السائدة وذلك للوقوف على الوضع التركيبي والتغيرات السطحية للسحنات الصخرية، والتي تستخدم مع نتائج المسوح الجيوفيزيائية الأخرى -كالجاذبية والمغناطيسية - لتحديد مكامن البترول والغاز، علاوة على خزانات المياه الجوفية. كما تساعد خاصية النشاط الإشعاعي في تقدير أعمار الصخور التي تعتمد على سرعة تحلل العناصر المشعة الموجودة في التكوينات الجيولوجية. بالإضافة إلى التعرف على العمليات الجيولوجية التى مرت بها الصخور أثناء تكونها - مثل عمليات التحول وتأثيرها بالمحاليل المعدنة - بالإضافة إلى العمليات اللاحقة التى طرأت على الصخور خلال تاريخها الجيولوجي، مما يساعد على رسم الخرائط الجيولوجية للنطاقات الحاوية لليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم ونطاقات بعض التمعدنات المرتبطة بالصخور المتداخلة.


استخدام الطريقة السيزمية في تحديد مكامن النفط والغاز الطبيعي.

الطريقة السيزمية

تنقسم طرق الاستكشاف السيزمي إلى عدة طرق أهمها الانعكاس والانكسار، ويتم اختيار الطريقة طبقاً للهدف المنشود من الدراسة. تعد طريقة الانعكاس السيزمي هي الأكثر شيوعاً في التنقيب عن النفط، إذ يمكن من خلالها رسم خرائط جيولوجية مفصلة للتراكيب والطبقات الصخرية على أسطح التكونات الجيولوجية المختلفة تحت سطح الأرض.

تتم عملية الاستكشاف السيزمي من خلال إنتاج موجات سيزمية مختلفة على سطح الأرض - إما باسقاط ثقل على سطح الأرض أو استخدام بعض المواد المتحجرة - حيث تنتشر هذه الموجات عبر طبقات باطن الأرض لتنعكس أو تنكسر عند السطح الفاصل بين طبقتين مختلفتين في الخواص الفيزيائية، ومن ثم ترتد إلى سطح الأرض ليتم رصدها بواسطة مستقبلات (جيوفونات -Geophones) وتسجيل زمن وصولها، وتجميع بياناتها لمعالجتها وتفسيراتها.

يستخدم الاستكشاف السيزمي في كثير من التطبيقات، منها استكشاف النفط والغاز، والثروات المعدنية، وخزانات المياه الجوفية، فضلاً عن تعيين عمق السطوح الفاصلة (العاكسة)، ويتم ذلك بمعرفة الأزمنة اللازمة لانتقال الموجات السيزمية من السطوح العاكسة وإليها.

ومن الجدير بالذكر فإن الاختلاف بين طريقتي الانعكاس والانكسار السيزمي يكمن في كيفية وضع أجهز التسجيل، ففي طريقة الانعكاس توضع الأجهزة على مسافات قصيرة من نقطة التفجير وأجهزة التسجيل مقارنة بعرض السطح المطلوب تحديده، ومن ثم تستخدم طريقة الانكسار السيزمي في رسم خريطة طبوغرافية لسطح صخور القاعدة وما يعلوها من صخور رسوبية، وبالتالي يمكن تحديد عمق وشكل وامتداد الأحواض الرسوبية التي تعد أماكناً مؤهلة للتجمعات الهيدروكربونية.

تقنية الرادار الأرضي

تعد تقنية الرادار الأرضي من أدق طرق استكشاف الطبقات السطحية (من المليمترات إلى عشرات الأمتار)، ويعتمد وضوح صورها على درجة الاختلاف في الخواص الكهرومغناطيسية للمواد والتراكيب المكونة لها.

تعتمد هذه التقنية على إرسال موجات كهرومغناطيسية بتردد معين إلى داخل الأرض حيث تمتص المكونات الأرضية المختلفة جزء من


جهاز رادار أرضي.

طاقة هذه الموجات، بينما ينعكس الجزء الباقي منها إلى سطح الأرض، حيث يتم التقاطها وتجميعها. يتم جمع المعلومات الرادارية بعدة طرق أكثرها انتشارا طريقتين هما: الطريقة ثنائية الأبعاد وهي طريقة سريعة ومناسبة لتحديد مواقع الأنابيب المدفونة تحت الأرض، والطريقة ثلاثية الأبعاد وهي بطيئة إلا أنها تعطي صورة مفصلة عما تحت سطح الأرض.

عند استخدام تقنية الرادار الأرضي يتم وضع هوائيي (المرسل والمستقبل) الرادار بطريقتين: الأولى وضعهما مع بعض في صندوق واحد، وهي الطريقة الأكثر شيوعاً لسرعتها ومناسبتها لأكثر الأغراض، والثانية وضعهما على مسافات محدودة من بعضهما، ويتم استخدامها لتحليل سرعة الموجات في الطبقات الأرضية.

بعد إتمام عملية قياس وتسجيل البيانات الرادارية، يتم معالجتها وتفسيرها، لبناء تصور عن طبيعة وأماكن المواد والتراكيب الموجودة تحت سطح الأرض، حيث تستخدم هذه البيانات في حل الكثير من المشكلات البيئية والزراعية والجنائية، فضلاً عن استخدامها في استكشاف المناطق الجليدية والمياه الجوفية والنفط والثروة المعدنية.

● الاستكشاف الكهرومغناطيسي

يعد المسح الكهرومغناطيسي (Electromagnetic survey) من أهم الدراسات الجيوفيزيائية، وأكثرها استخداماً في البحث عن الخامات المعدنية والموارد الطبيعية تحت السطحية التي تختلف في مدى استجابتها وتأثرها بالموجات الكهرومغناطيسية المرسلة من أجهزة الإرسال.

تعتمد طرق المسح الكهرومغناطيسي على خاصية التوصيلية الكهربائية للطبقات الأرضية حيث أنه عند دخول تيار كهربائي متردد في ملف، يتكون مجال مغناطيسي عمودي على مستوى الملف ومن ثم يتحول إلى تيار كهربائي، وعند اختراق هذا المجال المغناطيسي إلى الأجسام الموصلة في الأرض؛ فإنها تنتج قوة دافعة كهربائية تنتج مجالاً كهربائياً ثانوياً يولد مجالاً مغناطيسياً ثانوياً يلتقطه المستقبل - على سطح الأرض - على هيئة مجال كهربائي. ومن خلال



■ جهاز الأوم مابر (Ohm Mapper) لقياس الخواص الكهربائية للصخور.

تحليل البيانات التي يتم الحصول عليها من هذه القياسات يمكن الحصول على معلومات دقيقة عن عمق هذه الأجسام وأشكالها، وامتداداتها الرأسية والأفقية ودرجة توصيلها الكهربائية، مما يعطي دلالة على تركيز الخامات المعدنية في حالة استكشاف المعادن أو ملوحة المياه في حالة البحث عن مصادر المياه الجوفية.

تستخدم في الاستكشاف الكهرومغناطيسي عدة تقنيات أهمها: الكهرومغناطيسية بنطاق التردد، والكهرومغناطيسية بنطاق الزمن المستغرق، وتقنية التردد المنخفض جداً، وتقنية المغناطيس التلوري، والاستكشاف الكهرومغناطيسي الجوي.

يستخدم المسح الكهرومغناطيسي على نطاق واسع في العديد من المجالات، مثل: البحث عن المعادن، والكشف عن الكهوف والأنفاق الجوفية، واستنتاج خصائص التراكيب تحت السطحية، والتعرف على الطبقات الحاملة للمياه الجوفية، وعلى الحد الفاصل بين الماء المالح والماء العذب، كما تستخدم للتعرف على الأماكن المناسبة كمحاجر، والكشف عن الأجسام المعدنية، وتحديد الكهوف، ورسم حدود الوحدات الجيولوجية المختلفة، وفي الأغراض الهندسية والبيئية. كما أن لها شأناً كبيراً في دراسة الحرات والنشاطات البركانية.

● الاستكشاف الجيوكهربائي

يعد الاستكشاف الجيوكهربائي من أكثر طرق الاستكشاف الجيوفيزيائي تنوعاً، ويعتمد على قياس فرق الجهد أو المجال المغناطيسي المصاحب لمرور تيار كهربائي داخل طبقات الأرض، وذلك من خلال قطبين لشحن التيار الكهربائي داخل الأرض، وقطبين آخرين لقياس فرق الجهد بينهما، ويتناسب العمق الممكن قياسه تناسباً طرديا مع زيادة مسافة الفصل بين الأقطاب، والذي من خلاله يتم الحصول على معلومات أكثر دقة وتفصيلاً عن التكوين الطبقي للأرض.

توجد طرق مختلفة من الاستكشاف الجيوكهربائي أهمها: الجهد الذاتي، والاستقطاب الحثي، وطرق التيار المباشر، التي تعد الأكثر انتشاراً والأسهل استخداما بين الطرق الجيوكهربائية.

تعد غالبية المعادن المكونة للصخور موصلات ضعيفة للكهربية، ولذا فإن التيار الجيوكهربائي ينتقل خلالها عن طريق الأيونات المتواجدة في مياه المسام الصخرية، ونظراً لمحدودية تأمين المياه النقية، فإن التوصيل الجيوكهربائي يعتمد بصفة أساس على الأملاح -معظمها من كلوريد الصوديوم- الذائبة في المياه المتواجدة في مسام التربة. كما تعد معادن الطين نشطة أيونياً - لسهولة اكتسابها للماء- ولقدرتها على التوصيل الجيوكهربائي.

تستخدم طريقة المقاومة الجيوكهربائية لتحديد بعض الأهداف تحت السطحية وإيجاد الحلول المناسبة لها منها: تحديد أماكن وأبعاد وخصائص خزانات المياه الجوفية على أعماق مختلفة، وتحديد مدى تداخل مياه البحر مع الخزان الجوفي، وتحديد طبقة القاعدة الصلبة اللازمة

للإنشاءات الهندسية، وتحديد مدى ملائمة وتجانس هذه الطبقة لتصميم المنشأ الهندسي فضلاً عن اختيار أنسب أساليب التأسيس.

- **السبر الجيوفيزيائي للآبار**

يعرف السبر الجيوفيزيائي للآبار بأنه علم تسجيل وتحليل قياسات العديد من الخصائص الفيزيائية لمكونات الآبار وما حولها من التكاوين الجيولوجية التي يخترقها البئر، وذلك باستخدام مجموعة من المسابر (Snodes) تحمل أجهزة خاصة ومعزولة عن المياه المتبقية داخل البئر. يتم عرض قياسات سبر الآبار بيانياً على شكل سجلات جيوفيزيائية بالإضافة إلى تخزينها رقمياً لاستخدامها في تفسير التغيرات الصخرية والتركيبية التي تم تسجيلها. ساعد التقدم التقني في تصميم مسابر لقياس عدد من الخواص الفيزيائية للسبر الجيوفيزيائي في آن واحد مع اختلاف الظروف داخل البئر، وصفات التكوينات الصخرية المحيطة به. تنقسم مسابر الآبار - بصفة أساس - إلى ثلاثة أنواع هي: المسابر الكهربائية (مسابر الجهد الذاتي، والمقاومية الكهربائية والتأثيرية)، والمسابر الإشعاعية (مسابر أشعة جاما الطبيعية، والكثافة، والنيترونية)، ومسابر الموجات الصوتية.

تستخدم قياسات سبر الآبار في الحصول على العديد من المعلومات المهمة التي من خلالها يمكن معرفة مايلي:

- أنواع وسمك الصخور المختلفة داخل البئر.
- تحديد التكاوين الصخرية الحاملة للمياه.
- تحديد جودة المياه، وحالة الطبقة الأسمنتية المحيطة بأنابيب تغليف الآبار.
- مسامية التكوينات الصخرية التي يمر بها البئر.
- التعرف على نطاقات التمعدن.

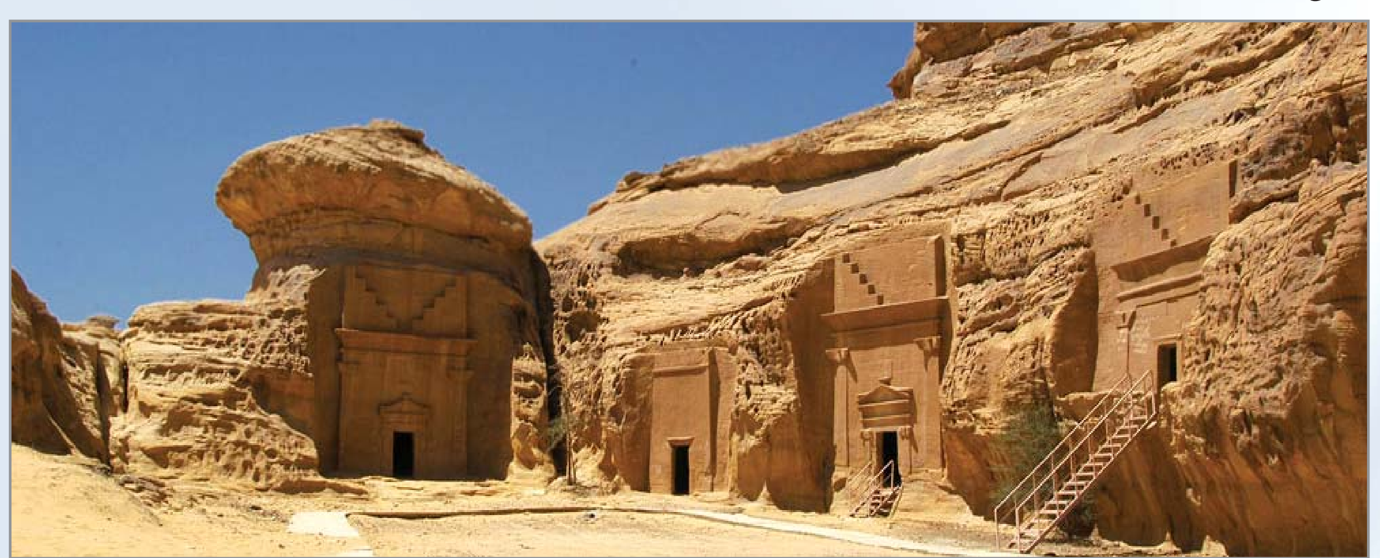
الجيوفيزياء والآثار

بدأت عملية البحث عن الآثار منذ زمن بعيد باستخدام طرق التنقيب التقليدية معتمدة في ذلك على المعلومات التاريخية المتاحة عن منطقة البحث، ووجود بعض الآثار السطحية أو أجزاء منها، إلا أن هذه الطريقة كانت تشكل العديد من المتاعب والمصاعب والمشاكل خاصة عند البحث عن الآثار المدفونة تحت سطح الأرض، بل ويزداد الأمر صعوبة كلما اتسعت مساحة موقع البحث وغطته التلال والصخور والكثبان الرملية. ومن ثم فكر الأثريون في الاستعانة بالتقنيات الحديثة لما توفره من وقت وجهد، مع دقة وسرعة في إنجاز العمل، وتعد الطرق الجيوفيزيائية إحدى أهم هذه التقنيات.

تعتمد معظم الطرق الجيوفيزيائية في الكشف عن الآثار - السطحية أو المدفونة في باطن الأرض - على التباين في الخواص الكيميائية والفيزيائية بين الأجسام الأثرية وما يحيط بها من تربة وصخور. وتوفر هذه الطرق وقت وجهد للكشف عن هذه الآثار في مناطق يصعب الوصول إليها والحفر العشوائي بها مثل: المناطق الصحراوية خاصة المغطاة بالكثبان الرملية، والمناطق الجليدية، والمناطق المغمورة بالمياه. كما تتطلب هذه الطرق مهارة ودقة متناهية خاصة عند البحث عن الآثار المدفونة صغيرة الحجم ومحدودة الانتشار، والتي يتشابه تركيبها مع تركيب وخواص المواد الصخرية المحيطة بها. فضلاً عن ذلك تتضمن عمليات الكشف الجيوفيزيائي عن الآثار اكتشاف أبعاد التراكيب الأثرية وطبيعة تكوينها، ومعرفة التكوينات الصخرية وطبيعة الطبقات الحاملة للآثار، مما يساعد على توجيه الجهات المسؤولة عن بدء عمليات الحفر واستخراج هذه الآثار بطريقة آمنة.

من أهم الطرق الجيوفيزيائية المستخدمة في الكشف عن الآثار هي: الاستشعار عن بعد بنوعيه التصوير الجوي والتصوير الفضائي الراداري، والرادار الأرضي، والمسح الزلزالي، والترددات المنخفضة، والكهرومغناطيسية، والجاذبية (التثاقلية)، والكهربائية، والمغناطيسية القديمة، والمسح المغناطيسي، والمقاومية النوعية الكهربائية.

تم العثور على العديد من الآثار التاريخية المهمة على مر السنين — سواء بوسائل الحفر التقليدية أو الطرق الجيوفيزيائية — التي تحكي تاريخ الشعوب والأمم السابقة، وعاداتها وتقاليدها، وأوصافها، وأسماء وطبائع ملوكها. وتوجد هذه الآثار في العديد من المتاحف في كثير من دول العالم مشكلة مزارات سياحية مهمة تهفوا إليها نفوس السائحين من كل مكان، وتشكل رافداً مهماً من روافد الدخل القومي لكثير من الدول خاصة النامية منها.



■ جزء من آثار مدائن صالح - العلا - المدينة المنورة.

الإستكشاف المغناطيسي

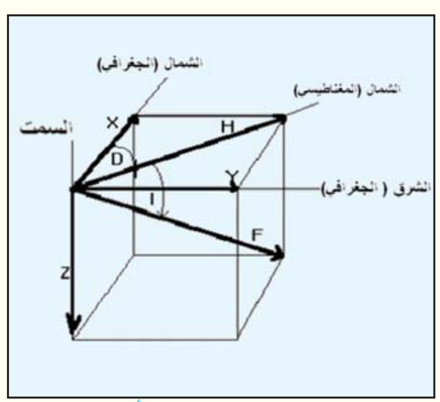


كان الفيلسوف الإغريقي تالاس - في القرن السادس قبل الميلاد- صاحب أول ملاحظة عن المغناطيسية والمغناطيس، وتبعه الصينيون حينما ابتكروا البوصلة المغناطيسية حوالي عام ١١٠٠ م، ثم الأوروبيون عام ١١٨٧م، والعرب في عام ١٢٢٠م. هناك بعض الآراء التي تُرجح استخدام الصينيين للحجر المغناطيسي في التوجيه الملاحي - المعروف باسم «لودستون»- والإبحار بواسطته من الساحل الشرقي للهند للمرة الأولى عام ١٠١ م.

يعد السير **ويليام جلبرت** أول من استخدام المغناطيسية في البحث عن الثروات الأرضية حيث ألف كتابه «المغناطيس» والذي أرجع فيه مغناطيسية الأرض إلى وجود مغناطيس دائم وقوي بداخلها، وأن قطبيه الشمالي والجنوبي متطابقان تقريباً مع محور دوران الأرض . ومنذ ذلك التاريخ تطورت طريقة البحث، وظهرت العديد من الأجهزة القادرة على قياس المجال المغناطيسي للأرض، ومن ثم استخدام ذلك – مع بدايات القرن التاسع عشر الميلادي – في الكشف عن الثروات الأرضية ذات الخواص المغناطيسية.

الأساس العلمي للطريقة

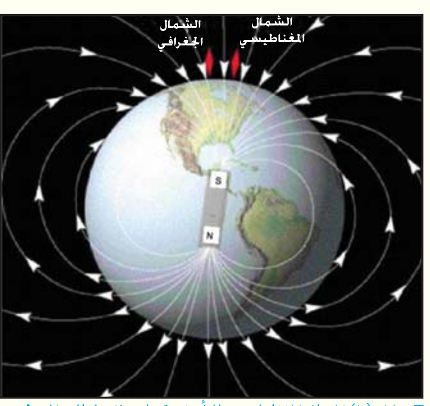
تعتمد الطريقة المغناطيسية على خاصية التمغنط لبعض الصخور، أي إنها تنشئ حولها مجالاً مغناطيسياً يمكن من خلاله التعرف على نوعية وطبيعة الصخر الموجود تحت سطح الأرض والمسبب لهذا المجال.



■ شكل (١) مركبات المجال المغناطيسي الأرضي.

حاول العلماء تفسير ظاهرة المجال المغناطيسي الأرضي، من خلال دراسته وتحليله إلى سبعة مركبات هي F، H، I، D، Z، X،Y، شكل(١)، وتمثل المركبة F – محصلة المركبتين الأفقية H والرأسية Z وتصنع زاوية تسمى زاوية الميل (I) مع المركبة (H) – متجه المجال المغناطيسي الأرضي، وتمثل نفس اتجاه الإبرة المغناطيسية إذا ما عُلِّقت و تُركت حرة تتذبذب. وبدراسة هذه المركبات ورسم الخرائط لها أمكن التعرف بدقة على مجال الأرض المغناطيسي، وبالتالي دراسة المجالات المغناطيسية للقشرة الأرضية، وما ينتج عن صخورها من مجالات أخرى، فضلا عن المجالات الخارجية المؤثرة عليها.

لو فرضنا وجود قضيب مغناطيسي (أي ما يطلق عليه ثنائي القطب) يمثل مغناطيسية الأرض يصنع زاوية مقدارها ١١،٤درجة مع محور دوران الأرض، ويمر بمركزها، نجد أن القطب المغناطيسي الجنوبي للقضيب – الذي يشير إليه القطب الشمالي للإبرة المغناطيسية – يقع عند خط عرض ٧٨،٥ درجة شمالاً وخط طول ٢٩١ درجة شرقاً، بينما القطب الشمالي المغناطيسي له يجب أن يقع عكسه تماماً عند ٧٨،٥ درجة جنوباً و خط طول ١١١ درجة شرقاً. ومن دراسة خرائط المجال المغناطيسي المرجعي (International Geomagnetic Reference Field-IGRF)، وجد أن القطب الشمالي الأرضي يقع عند خط عرض ٧٨،٣ درجة شمالاً، وخط طول٢٥٦ درجة شرقاً. أما بالنسبة للجنوبي فيقع عند خط عرض ٦٥،٥ درجة جنوباً وطول ١٣٩،١ درجة شرقاً، وبذلك لا يقع الموقعان عكس بعضهما تماماً؛ مما يدل على أن مركز ثنائي القطب، شكل(٢) لا ينطبق تماماً على مركز الأرض، أي أنه غير مركزي بعض الشيء، ولكنه يعد نموذج



■ شكل (٢) المجال المغناطيسي للأرض كما يمثله ثنائي القطب.

يمثل- إلى حد ما - المجال المغناطيسي للأرض بدرجة كبيرة.

المجال المغناطيسي الأرضي

يتكون المجال المغناطيسي الأرضي - المقاس على سطح الأرض - من جزأين رئيسيين أحدهما ينشأ من داخل الأرض، ويمثل حوالي ٩٠٪ أو أكثر من قيمة المجال ، بينما ينشأ الجزء الآخر الخارجي - يشكل حوالي ١٠٪ أو أقل - من مجالات كهربائية في الغلاف الهوائي المتأين المحيط بالأرض، وهو مجال ثنائي القطب. تتراوح شدة المجال المغناطيسي الكلي للأرض بين ٢٥٠٠٠ نانو تسلا (على خط الاستواء) إلى ٧٥٠٠٠ نانو تسلا (عند القطب).

يتم قياس القيمة المطلقة – وليس معدل التغير – لشدة المجال المغناطيسي الأرضي واتجاهه في كل أقطار العالم حيث ترسل كل هذه البيانات المغناطيسية إلى مراكز التجميع الدولية التي تقوم بتجميعها في خرائط مغناطيسية تمثل العالم كله، وتسمى بخرائط المجال المغناطيسي المرجعي الدولي (International Geomagnetic Reference Field- IGRF).

أجهزة المسح المغناطيسي

تقاس شدة المجال المغناطيسي للأرض بطريقتين هما:

● **الموازنة بمجال آخر**

تعتمد هذه الطريقة على موازنة المجال المغناطيسي الأرضي بمجال آخر صناعي، يساويه في المقدار، ويعاكسه في الاتجاه، بحيث تكون محصلتهما صفراً، وبمعنى آخر توضح هذه الأجهزة كيفية قياس قوة ما عن طريق وزنها بقوة أخرى مساوية لها في المقدار مثل أي ميزان يستخدم في حياتنا اليومية. تعتمد هذه الأجهزة على التوازن الميكانيكي، وتسمى الأجهزة ذات النظام الميكانيكي، والتي يمكن بواسطتها قياس القيمة المطلقة والنسبية للمجال المغناطيسي. ومن أهم هذه الأجهزة جهاز الاتزان المغناطيسي الصفري (Magnetic zero balance)، الذي يقيس القيمة المطلقة للمركبة الأفقية H. ومن الجدير بالذكر أن هذه الأجهزة الميكانيكية لم تعد تستخدم كثيرًا بعد استخدام الأجهزة الإلكترونية.

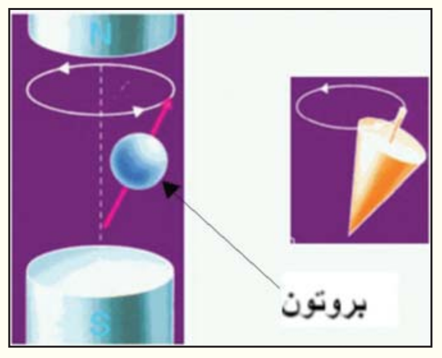
● **الأجهزة الإلكترونية**

تعتمد الأجهزة الإلكترونية على تحويل المجال المغناطيسي المقاس إلى إشارة كهربائية يتم تكبيرها وقراءتها بواسطة مجموعة من الدوائر الإلكترونية، وتقيس هذه الأجهزة القيمة المطلقة للمجال المغناطيسي، ومن خلالها يمكن قياس المجال المغناطيسي الكلي أو مركباته، أومعدل التغير في هذا المجال.

أحدثت الأجهزة الإلكترونية ثورة في علم القياسات المغناطيسية؛ لأنها تعطي قراءة مباشرة وسريعة تحت كل الظروف، كما يمكن حملها في الطائرات والسفن، فضلاً عن حساسيتها العالية التي تتراوح من ١و٠ إلى ٠٠١ و٠ نانو تسلا (وحدة قياس المجال المغناطيسي الأرضي)، مما يمكنها من اكتشاف المواد منخفضة التمغنط أو صغيرة الحجم، ومن أهم الأجهزة الإلكترونية نوعان هما:

■ **مغناطومتر بوابة الفيض** (Flux Gate magnetometer): وكان له أثر فعّال في الحرب العالمية الثانية، حيث تم استخدامه كأداة للبحث عن الغواصات. و قد طور علماء المحيطات هذا النوع من الأجهزة واستخدموه في عام ١٩٤٨م بعد ربطه بالطائرات والسفن العملاقة لإجراء مسوحات مغناطيسية بحرية في بعدين (2- dimensional)؛ مما أدى إلى اكتشاف ما يعرف بالشذات المغناطيسية ذات الشكل الطولي (الشرائح المغناطيسية) المميزة لقيعان المحيطات والمرتبطة بظاهرة اتساع قيعان المحيطات والبحار، فضلا عن تحديد الانقلابات في اتجاه المجال المغناطيسي (Magnetic polarity reversals)، الذي يتغير خلال الأزمنة الجيولوجية المتتابعة من اتجاه إلى آخر.

■ **المغناطوميتر البروتوني**(Proton Magnetometer): ويعتمد في نظرية عمله على حقيقة احتواء النواة في أي مادة على بروتونات موجبة الشحنة، تدور دوراناً مغزلياً حول خطوط المجال المغناطيسي الموجود حالياً- تسلك بذلك سلوك ثنائية القطب المغناطيسي - مكونة عزوم ثنائية القطب ذات اتجاهين متضادين، بحيث تكون محصلتهما صفراً شكل(٣). وتوضيحا لذلك عندما تحاط زجاجة بها كمية من الماء المقطر - يحتوي على بروتونات الهيدروجين- بملف محوري يحمل تيارا كهربائياً ومتعامد على اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي بحيث ينتج عنه مجالاً مغناطيسياً أعلى بمائة مرة عن المجال الأرضي، فإن عزوم هذه البروتونات تتوحد في اتجاه هذا المجال الخارجي، وعند قطع هذا المجال فإن البروتونات ستدور دوراناً مغزلياً حول خطوط قوى المجال المغناطيسي الأرضي بتردد يتناسب طردياً مع شدة المجال؛ و بالتالي يمكن تعيين هذا المجال بدقة متناهية.

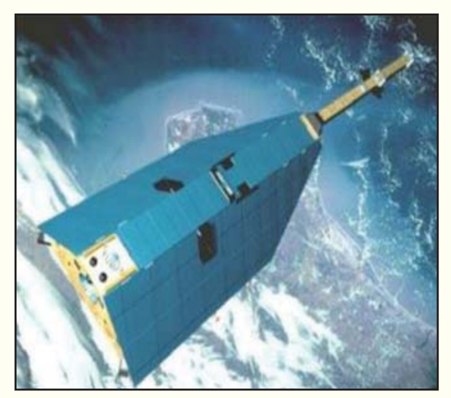


■ شكل (٣) الحركة المغزلية للبروتون – المغناطومتر البروتوني.

■ **مغناطوميتر الضخ الضوئي** (Optical pumping magnetometer): ويستخدم عادةً خاصية بخار السيزيوم، ولذلك يسمى هذا الجهاز بمغناطوميتر بخار السزيوم، ويتميز بدرجة حساسية فائقة . تعتمد فكرة عمل هذا الجهاز على تغير شفافية بخار عنصر السزيوم – داخل خلية زجاجية اسطوانية مفرغة جزئياً- المستخدم تبعاً لتغير شدة المجال المغناطيسي الخارجي المؤثر عليه، وتقاس درجة هذه الشفافية بشدة التيار الكهربائي الناتج من سقوط الضوء على خلية ضوئية، حيث تقاس شدة المجال المغناطيسي الخارجي بمقدار الطاقة المسجلة بالخلية الضوئية.

المسح المغناطيسي

يجري المسح المغناطيسي لأغراض متعددة وبطرق مختلفة، حيث تتم هذه القياسات إما على سطح اليابسة أو بالطائرات من الجو أو بالسفن والقوارب في البحار والمسطحات المائية، وربما من


■ شكل (٤) القمر الاصطناعي (CHAPM) في مداره حول الأرض.

خارج غلاف الأرض، وكذلك من مدارات الأقمار الاصطناعية المختلفة مثل القمر الاصطناعي الألماني للأبحاث والمعروف باسم (CHAMP)، والذي أطلق في عام ٢٠٠٠م شكل (٤)، و استمر منذ ذلك الوقت ولعدة سنوات بتسجيل المجال المغناطيسي والتثاقلي للأرض.

هناك عدة طرق للمسح المغناطيسي هي:

● **المسح المغناطيسي الأرضي**

تجري هذه القياسات بأجهزة خاصة - مثل المغناطومترات البروتونية ومغناطومترات الضخ البصري - بعد معايرتها وتقييمها في المراصد المغناطيسية المختلفة بالبلدان لقياس القيم المطلقة – وليس معدل التغير - لمركبات المجال المغناطيسي الأرضي، وتجرى هذه القياسات على شبكة الطرق والمدقات والصحارى، مع حساب المسافة بين محطات القياس على أساس الدقة المطلوبة. وفضلا عن ذلك فإنه يجب تصحيح تغيرات المجال المغناطيسي طويلة الأمد إذا طالت مدة المسح المغناطيسي لسنوات (كإجراء المسح على مستوى القطر) .

يتم إجراء المسح المغناطيسي الأرضي (Ground magnetic survey) لعدة أغراض أهمها :

■ **رسم الخرائط العيارية:** ويتم إعدادها لأي بلد من البلدان وذلك لهدفين هما:

- فهم توزيع المجال المغناطيسي، ومعرفة الشذات الإقليمية، واتخاذه كمرجع أساسي لإجراء المسوحات المغناطيسية المحلية للبحث عن الركاز، وفهم تراكيب صخور القاع.

- مجالات فيزياء الأرض: بهدف رسم خرائط المجال العياري للعالم، ومقارنتها مع مجال ثنائي القطب (Dipole field) المحدد رياضياً، مع فصل الجزء الذي لا ينطبق على هذا التقريب والمعروف بلا ثنائي القطب (Non Dipole field).

■ **البحث والتنقيب:** حيث تتم المسوحات على الأرض للتنقيب عن الركاز، والبحث عن مكامن الهيدروكربونات، ودراسة تراكيب الصخور وخاصة صخور القاع، والكشف عن الأجسام الصغيرة في الأغراض المدنية والعسكرية، واستخدامات الآثار. ويتم القياس بصفة عامة إما على هيئة خطوط أو خرائط ثلاثية الأبعاد (تعطي صورة أوضح للتراكيب البنائية تحت السطحية).

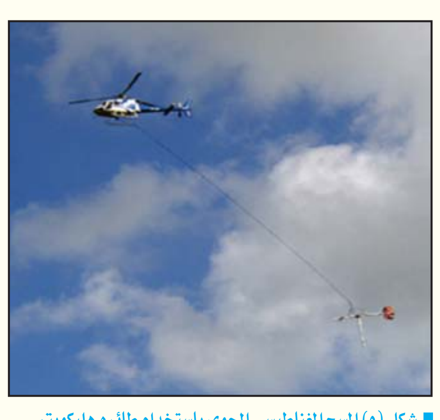
● **المسح المغناطيسي البحري**

يتم هذا المسح بواسطة السفن والقوارب على جميع المسطحات المائية المعروفة، من بحار وأنهار ومحيطات، وحتى في القارتين المتجمدتين- بنفس الأجهزة المذكورة أعلاه – مع وضع رأس الجهاز في صندوق صغير يسحب بواسطة كابل- خلف السفينة- يتراوح طوله ما بين ٣٠-٣٠٠ متر لكي يكون بعيداً عن تأثير جسم السفينة الذي عادةً ما يحتوي على أجسام معدنية حديدية قد تؤثر على القراءة.

● **المسح المغناطيسي الجوي**

يتم المسح المغناطيسي الجوي باستخدام المغناطوميتر البروتوني أومغناطومتر الضخ البصري، وذلك بتعليقه في كابل يتدلى بعيداً عن جسم الطائرة لتفادي تأثير مكونات جسمها وما تحمله من أجهزة علميه، شكل (٥). تطير الطائرة في هذا المسح بسرعة منتظمة، مع استخدام تقنية دقيقة لتحديد مواقع مكان نقاط القياس بدقة متناهية، ومن ثم تسجيل القياسات على أجهزة حاسبات لاستخدامها فيما بعد.

تباينت دقة المسح المغناطيسي الجوي – منذ بدايته – ليس فقط نتيجة للدقة في تحديد المواقع باستخدام أنظمة المواقع الجغرافية (Geographic Position System- GPS) ولكن على أساس ارتفاع الطائرة عن الأرض، حيث يتراوح ارتفاعها في المسح الدقيق النموذجي ما بين ٨٠-١٥٠ متراً مع مسافة فاصلة بين الخطوط تتراوح مابين ٢٥٠ إلى ٥٠٠ متراً، إلا أنه في بعض الأحيان يصل ارتفاعها إلى ٣٠-٤٠ متراً فقط عن سطح الأرض، وعلى خطوط مسح تبعد عن بعضها البعض بحوالي ٢٠٠ متر، كما قامت بذلك هيئة المساحة الجيولوجية الفنلندية.


■ شكل (٥) المسح المغناطيسي الجوي باستخدام طائره هليكوبتر.

معالجة البيانات المغناطيسية

تجري معالجة البيانات المغناطيسية بعدة خطوات، هي كما يلي:

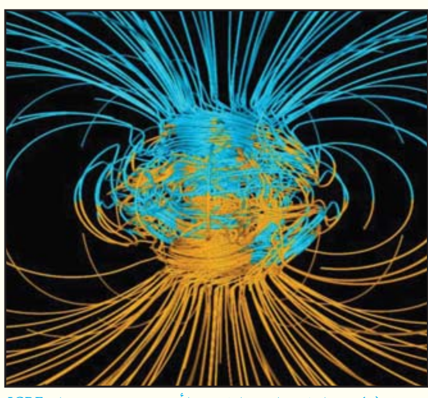
● **إزالة تأثير المجال المغناطيسي المرجعي الدولي**

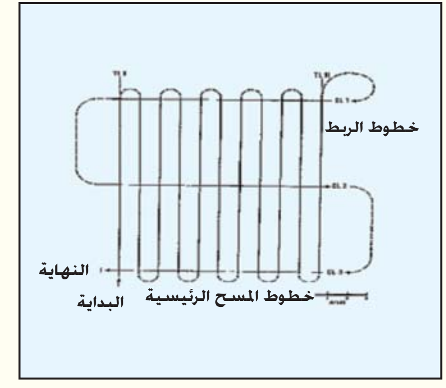
تتم إزالة تأثير هذا المجال بطرح قيمته من جميع البيانات المغناطيسية المقاسة في منطقة المسح الأرضي، وذلك لأن المطلوب من المسح هو قياس معدل تغير المجال من نقطة إلى أخرى- وليس القيمة الكلية للمجال- وهي قيم صغيرة نسبيا يتم استخدامها في عمليات المعالجة والتفسير.

تتم إزالة المجال المرجعي باستخدام التحليل الهارموني الكُروي (Spherical harmonic analysis). الذي يوجد له عدة نماذج منذ إنشائه عام ٢٠٠٥م، شكل(٦) حتى وصلنا إلى نموذج دقيق، أطلق عليه الجيل الحادي عشر من المجال الإقليمي المرجعي.

● **إزالة ثابت الوقت**

يتم إزالة ثابت الوقت باستخدام محطة قياس ثابتة أو أكثر لقياس تغيرات المجال الأرضي مع الوقت، و بطرح هذه القيم المقاسة – في مكان ثابت – من قيم الأجهزة المغناطيسية


■ شكل (٦) محكاة للمجال المغناطيسي الأرضي ومنه يتم حساب IGRF.



■ شكل (٧) ضبط اتزان المسح المغناطيسي.

المتحركة يمكن إزالة تأثير الوقت، بمعنى أن جميع القراءات كأنها مقاسة في نفس التوقيت.

● **ضبط اتزان المسح المغناطيسي**

يتم ضبط اتزان المسح المغناطيسي بعدة خطوط ربط بين خطوط المسح الرئيسية بحيث تتوحد قيم المجال المغناطيسي لخطوط الربط مع قيم الخطوط الرئيسية للمسح المغناطيسي عند نقطة الالتقاء، شكل (٧).

● **إزالة تأثير التشويش**

تؤدي الإنشاءات القريبة من خطوط المسح المغناطيسي – قد تحتوي على حديد مثل خطوط المياه والبترول والكهرباء والمباني والحوائط والأسوار والسيارات و خطوط السكك الحديدية وما إلى ذلك – إلى حدوث شذات مغناطيسية قوية تصل شدتها إلى عشرات بل مئات من النانوتسلا. تعد هذه الشذات – غالبا – أكبر بكثير من الشذات الناتجة عن الأجسام الجيولوجية التي تمثل الهدف الأساسي للمسح المغناطيسي. وبإزالة هذا التشويش – بواسطة معالجة البيانات – تتحسن صورة المجال المغناطيسي المقاس، ومن ثم يمكن تفسيره والحصول على مواصفات الأجسام المسببة له.

■ **الشبكية (Gridding)**: وتنتج من زيادة كثافة عدد القياسات على امتداد خطوط الطيران الطولية عنها في الخطوط العمودية عليها (خطوط الربط) ؛ مما يؤدي إلى عدم تجانس القياسات في كلا الاتجاهين، ويترتب عليه ظهور أخطاء عند عمل الشبكية عن طريق ما يسمى باستكمال الفراغات (Interpolation). حاول الباحثون حل هذه المشكلة عن طريق العديد من النظريات الرياضية، كانت أولها طريقة الاستكمال ثنائي الاتجاه، ثم طريقة التحدب الأدنى، والتي كانت أكثرهم انتشارا. ثم استخدام طريقة ريد، وهي عبارة عن تطوير للطريقتين السابقتين، وعلى الرغم من ذلك مازال هناك بعض الأخطاء البسيطة والمسماة بمسارات التعرجات (Cross-track aliasing) والتي تسجل في حالة استخدام طائرات من ذوات الجناحان في مسح مناطق ذات طبيعة جبلية. وحاليا ظهرت طريقة جديدة بواسطة **أوكونيل** وآخرون، ٢٠٠٥، للتغلب على ذلك الخطأ.

تفسير البيانات المغناطيسية

يشمل تفسير البيانات المغناطيسية جميع عمليات المعالجة منذ الحصول عليها من التسجيلات الأرضية أو الطائرات أو السفن حتى إنتاج الخرائط أو المقاطع الطولية.

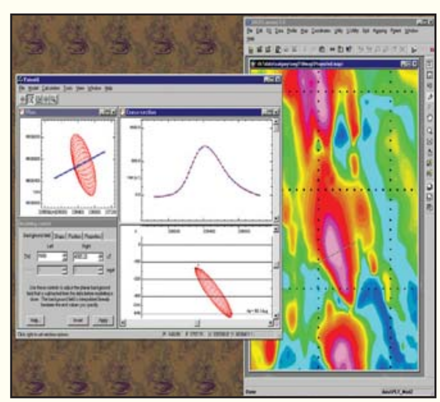
يتم تفسير البيانات المغناطيسية من خلال عدة تقنيات، هي:

● **الترشيح**

تبدأ عملية الترشيح (Filtering) بتطبيق عدة معادلات رياضية على البيانات المقاسة بهدف تقوية صورة الشاذة المغناطيسية وإظهارها مع الحصول على بعض المعلومات الأولية عن المصادر المحتملة لهذه الشاذة. لعبت الحاسبات الآلية دوراً أساسياً في تحسين طريقة العمل والسرعة في إنجازه، ومن هذه المرشحات: الفصل بين المركبة الإقليمية والمحلية، والاختزال للقطب (Reduction to the magnetic pole)، وتحويلات التثاقلية الكاذبة، وحساب الاستمرارية العليا والسفلى (Upward and downward continuation) للمجال المغناطيسي، وحساب المشتقات المختلفة، واستخدام التحويلات المختلفة مثل **فورير وهيلبرت وميلان** وتحويل المويجة و غيرهما.

● **النمذجة المغناطيسية**

يتم استخدام النمذجة المغناطيسية (Magnetic modeling) لمعرفة طبيعة الأجسام المسببة للشذات المغناطيسية، من حيث عمقها ودرجة ميلها وكثافتها وقابليتها للتمغنط وامتدادها، فضلا عن المساعدة في رسم الإطار التركيبي (Structural framework) تحت السطحي لسطح صخور القاعدة بمنطقة المسح الجيوفيزيائي، وهناك نوعان من النمذجة هما:

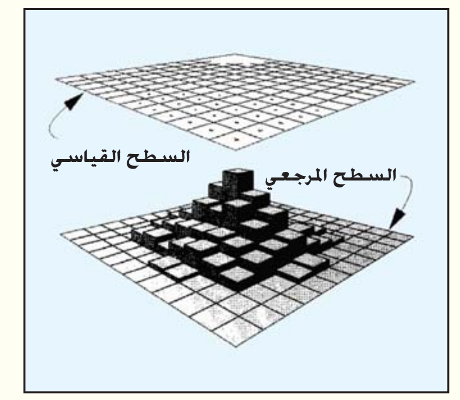

■ شكل (٨) إستخدام الحاسب الآلي لحساب التأثير المغناطيسي لأجسام نظرية بسيطة.

■ **نمذجة مباشرة(Forward model)**: وكانت تتم في البداية – قبل استخدام الحاسبات الإلكترونية – بواسطة المنحنيات المميزة لحساب الأجسام البسيطة كالكرة و الأسطوانة و الأجسام الإبرية وغيرها. وفي ستينيات القرن الماضي أطلق **تالواني و هيتزلر**، وآخرون طريقة حديثة لحساب الأجسام الأكثر تعقيداً في البعدين الثنائي و الثلاثي. وفضلا عن ذلك ظهرت طرائق مختلفة لحساب أجسام نظرية بالغة التعقيد، ساعدت في فهم العديد من الشذات المغناطيسية التي تلاحظ وتقاس على سطح الكرة الأرضية، شكل (٨).

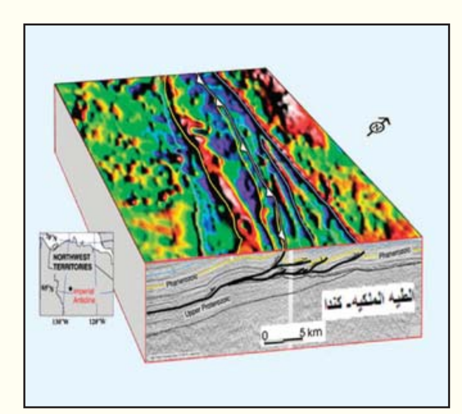
■ **نمذجة عكسية (Inverse model)**: وتتم باستخدام طرق رياضية خاصة بعد تطبيق مثيلتها المباشرة، وذلك للحصول على جسم جيولوجي مماثل لما هو موجود تحت السطح و مسبب للشاذة المغناطيسية. هناك العديد من الطرق، منها على سبيل المثال لا الحصر: طرق تحديد العمق، مثل: **فيرنر ونايودي**، والإشارة التحليلية، وطريقة **أويلر**، وطريقة تصور عناصر المصدر، والطرق المبنية على طرق إحصائية، وطرق رسم خرائط الخواص الفيزيائية والقابلية المغناطيسية.

تبع ذلك استخدام مكثف لطرق عددية آلية تقوم ببناء نموذج يحاكي جيولوجية ما تحت السطح، وذلك من خلال قياسات المغناطيسية، وإدخال أي معلومات إضافية ربما تساعد على تحسين صورة هذا النموذج المبني رياضياً.

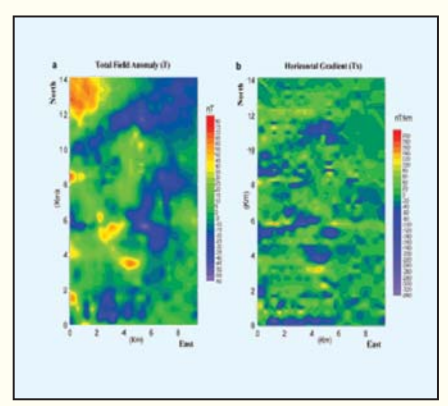
تعتمد الطرق الحديثة بصفة عامة على تخيل أن الأرض تتكون من مكعبات متراصة كل منها يمثل قابلية مغناطيسية محددة للمكان



■ شكل (٩) طرق عمل النمذجة العكسية ومحاكاة جيولوجية ماتحت السطح بتخيل أن الأرض تتكون من مكعبات متراصة.



■ شكل (١٠) الطية الملكية -كندا- والتفسير المتكامل بين طرق المسح المغناطيسي والسيزمي.



■ شكل (١١) المسح المغناطيسي لمنطقة وادي ثول – شمال جده- المملكه العربيه السعوديه.

الموجود به، وعند تصور التوزيعات المختلفة لهذه القابلية يمكن وضع تصور للجسم المسبب لهذه الشاذة، و يوضح الشكل (٩) أحد نماذج هذا التصور الرياضي.

أمثلة تطبيقية للاستكشاف المغناطيسي

أسهمت طرق الاستكشاف المغناطيسي على مر السنوات في تنمية الجوانب الاقتصادية للإنسانية، إلى جانب المساهمة في حل العديد من المشكلات التي واجهها الإنسان، وفيما يلي بعض التطبيقات النموذجية للطرق المغناطيسية:

● **استكشاف التراكيب الجيولوجية تحت السطحية**

تستخدم البيانات المغناطيسية في رسم الملامح التركيبية الموجودة على سطح صخور القاعدة – التراكيب الجيولوجية داخل القطاع الرسوبي – مثل الطيات والصدوع والتحد بات والتقعرات والقباب الملحية والشروخ ومتداخلات الصخور النارية وغيرها، ومن أمثلة ذلك ما يلي:

■ **الطية الملكية- كندا:** وتمثل جزءاً من نظام الصدوع الدافعة(Thrust Faults) في الجزء الشمالي من كندا، وتتكون من رسوبيات من الفانيروزويك والبروتوزويك العلوي والتي طويت ودفعت خلال حقبة لاراميد فوق تتابع بروتوزوي، حيث أكدت الدراسات السيزمية وجود هذه الطية فوق تتابع صخري معقد.

أضاف المسح المغناطيسي الجوي للتفسير السيزمي رؤية واضحة في البعد الثلاثي لهذه المنطقة المعقدة جيولوجيا، وأمكن مضاهاة الشذات المغناطيسية بالتتابع الطبقي المستنتج من الطرق السيزمية شكل (١٠)، وذلك من خلال مسح مغناطيسي على ارتفاع ٢٠٠ متر والمتبقية كما أمكن استنتاج أن الشاذة المغناطيسية المتبقاة بعد إزالة تأثير الطبقات السفلى و البالغ مستواها حوالي ٣ نانوتسلا تتوافق مع طبقتين مغناطيسيتين متخللتين للتتابع الصخري من عصر الفانيروزويك.

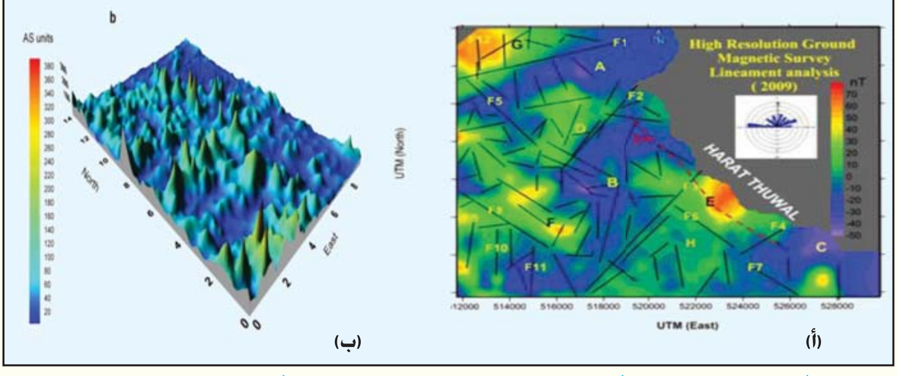
■ **الشكل البنائي لمنطقة وادي ثُوَل:** حيث تم إجراء مسح مغناطيسي مفصل للمنطقة – تقع شمال مدينة جدة، السعودية – وذلك بهدف وضع تصور للتراكيب البنائية تحت السطحية بالمنطقة، وأثبتت خرائط المغناطيسية والمرشحات المختلفة – مثل تباينات الظل البارز – وجود اتجاهات بنائية وشاذات ذات خصائص مميزة بالمنطقة شكل (١١،١٢)، وقد تم رسم العديد من اتجاهات الصدوع المؤثرة على المنطقة، سواء السطحية منها أو المؤثرة على صخور القاعدة، مما أدى لأول مرة الكشف عن مسارات المياه الجوفية وتجمعاتها بالمنطقة.

● **البحث عن الهيدروكربونات**

بدأ استخدام الاستكشاف المغناطيسي في البحث عن البترول منذ الحرب العالمية الثانية، وذلك لتحديد موقع، وامتداد، وسمك الأحواض الرسوبية في المناطق غير المستكشفة من خلال المعطيات والبيانات المغناطيسية المقاسة من الجو أو البحر كما أمكن رسم عمل خرائط للأعماق حتى قمم المتداخلات في صخور القاعدة. ويبين شكل (١٣) الخطوط الكنتورية لعمق صخور القاعدة فوق منطقة في أستراليا.تبين الخطوط الكنتورية وجود حوضين رسوبيين تحت الماء كانا يعدان من الأحواض المبشرة بوجود زيت البترول. يقع الحوض الأول على امتداد حوض أوتواي غير المنتج، وقد حدد موقعه مسبقاً عن طريق الحفر، أما الحوض الآخر يسمى الباس ستريت فلم يكن معلوما قبل المسح المغناطيسي. ومن خلال هذا المسح تم اكتشاف كميات هائلة من الغاز في الجزء الساحلي المغمور من حوض أوتواي .

● **البحث عن خام الحديد**

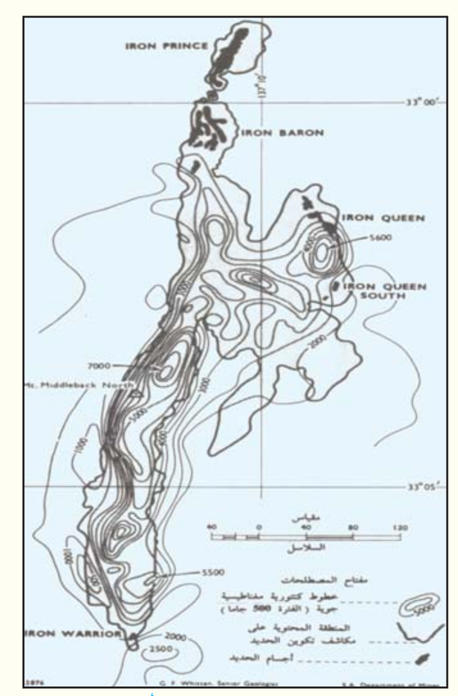
تعد الصخور الرسوبية المصدر الرئيس لخام الحديد في العالم، حيث توجد الخامات – عموما – قريبة من الكتل المتداخلة والتي يستخرج



■ شكل (١٢) أ) تفسير المجال المغناطيسي وأماكن الصدوع المحتمله بمنطقة ثول. ب) شكل ثلاثي الأبعاد لتحليل المجل المغناطيسي بثول.

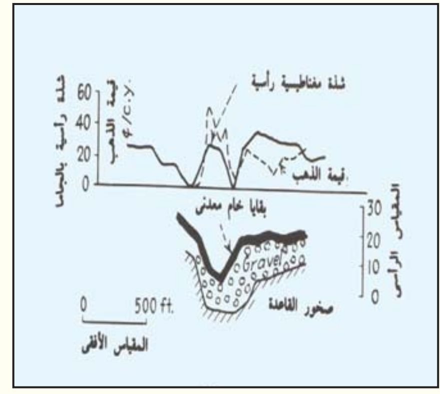


■ شكل (١٣) أعماق صخور القاعده في أحواض رسوبيه بجنوب أستراليا الناتجه من تفسير الخرائط المغناطيسيه بالمنطقه (من دوبرن ١٩٦٠).



■ شكل (١٤) الكشف عن خام الحديد فوق منطقه بجنوب أستراليا. لاحظ تطابق أماكن تواجد الحديد على السطح (الأماكن المظللة) وشكل الشاذة المغناطيسية المقاسه.

منهـا الحديـد، أومـن التجويـة(Weathering) للمكونات غـير الحديدية للمـادة النارية. تحتوي الخامات المرتبطة بالصخور النارية - غالبا - على نسبـه عالية من المجنيتيت- الهيماتيت، ويمكن أن تكتشف مباشرة عن طريق القياسات المغناطيسية. أما أجسـام الخام الهيماتيتـي فهي غير ممغنطة ولكـن يكشف عنهـا بربطهـا تكوينيـا بالتكوينات المحيطـة المحتوية على المجنيتيـت، ويستخدم هنا المسح المغناطيسي بطريقة غير مباشره. يبين شكل (١٤) الخطوط الكنتورية للمجال المغناطيسي فوق منطقـة بجنوب أستراليا، ويلاحظ تطابق المناطق المظللـة - أماكن تواجد الحديـد على السطح- مع



■ شكل (١٥) الشذة والمغناطيسية الرأسية المقاسه فوق خام الذهب عند بورتنج كريك- ألاسكا (من دوبرن ١٩٦٠).

الشذات المغناطيسية المقاسه.

● **البحث عن الذهب والألماس**

تم استخدام الاستكشاف المغناطيسي بكثرة في ألاسـكا نظـراً للارتبـاط البـين بـين الذهب والمجنتيـت. ويوضـح شـكل (١٥) الارتبـاط بين القيـاسـات المغناطيسيـة وأماكـن تواجد الذهب فوق راسب غريني في منطقة بورتج كريك.

إلى جانب ذلك استخـدم المسح المغناطيسي في البحـث عن الألماس عن طريق ارتباط تواجده بخـام الكمبرليـت في مناطـق مختلفـة. وتمثـل المملكـة العربية السعودية أحـد الأماكن الواعدة لاستخدام هـذه التقنيات الحديثة في البحث عن المعادن النفيسة.

● **أماكن ارتطامات النيازك بسطح الأرض**

استخدم المختصون الاستكشاف المغناطيسي في التعـرف علـى أماكـن ارتطامـات النيـازك بسطـح الأرض، ولعل أشهر هـذه النيازك بشبه الجزيـرة العربية هو ذلك النيـزك الذي ارتطم بالأرض في منطقـه الربـع الخـالي بجنـوب المملكـة والمسمـى (Wabar Impact)، وقد لعب الاستكشـاف المغناطيسي دوراً مهمـاً في التحقق من أماكـن تواجد حطام النيـزك والتعرف على أجزائه المتناثرة . ويوضح شكل (١٦) القياسات المغناطيسية على منطقة ارتطام النيزك، ويوضح شكل (١٦ أ) ، أكبر جسم متبقي من النيزك بعد اكتشافه (Wynn، 2002). بينماتوضح الدائرتان الموجودتـان على الخريطـة المغناطيسيـة شكل (١٦ ب) أماكـن تواجد أكبر تركيز لجسم وبقايا النيزك المكون من النيكل والحديد.

المراجـع

Al-Garni , M. A., and Gobashy, M.M., 2010: Ground magnetic investigation of subsurface structures affecting Wadi Thuwal area, KSA. Paper accepted for Publication, Journal of King Abdulaziz University, Earth Sciences.

Hassan, H. H., Peirce, J. W., 2005, SAUCE: A new technique to remove cultural noise from HRAM: The leading Edge, 24, 246-250

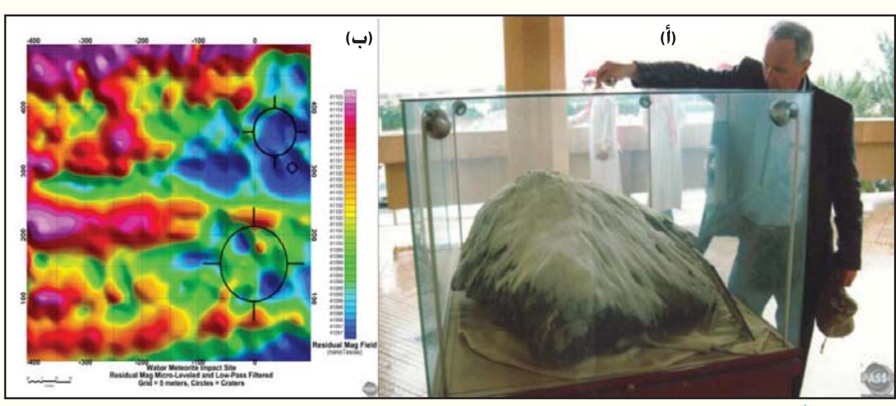
Maus, S., and Macmillan,S. 2005, 10th generation International Geomagnetic Reference Field : EOS Transactions of the American Geophysical Union, 86, 159.

Millegan, P. S., 1998: High resolution aeromagnetic surveying, in R. I., Gibson, and P.S. Millegan, eds., Geologic applications of gravity and magnetic: case histories: SEG and AAPG.

Reigber, C., Luehr, H, and Schwintzer, P, 2002: CHAMP mission status: Advances in space Research, 30, 289-293.

Talwani, M., and Heirtzler, 1964: Computation of magnetic anomalies caused by two –dimensional structures of arbitrary shape: Stanford University Publications of the Geological sciences, Computers in the Mineral Industries.

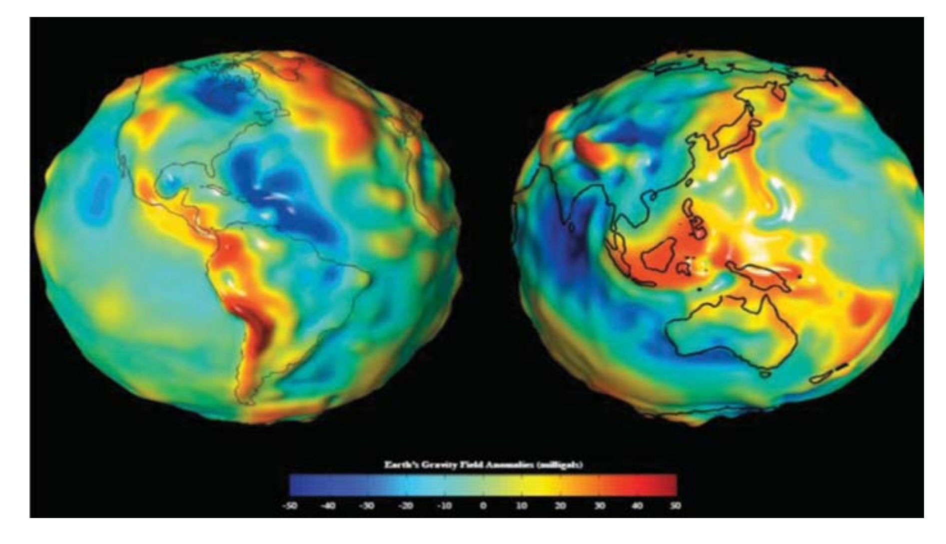
Telford, W. M., Geldart, L.P., and Sheriff, R. E., 1990: Applied geophysics, 2nd ed.: Cambridge University Press.



■ شكل (١٦) (أ) بقايا النيزك في منطقه وابر-الربع الخالي، (ب) نتائج المسح المغناطيسي على منطقه ارتطام النيزك (وين،٢٠٠٢).

الاستكشاف التثاقلي

أ.د. محمد مصطفى غباشي



بدأ التنقيب باستخدام الطريقة التثاقلية (الجاذبية) خلال الثلث الأول من القرن العشرين، واستمر إلى يومنا هذا مشكلاً عنصرا مهما ومحوريا في العديد من عمليات الاستكشاف، وتعد قبة ناش بتكساس أول اكتشاف جيوفيزيائي في مجال البحث عن الغاز والبترول باستخدام قياسات التثاقلية بواسطة ميزان اللي، وهو من أوائل أجهزة قياسات التثاقلية الأرضية.

كانت بداية معرفة الإنسان بعلم التثاقلية عندما لاحظ أنه عند سقوط جسم ما سقوطاً حراً بالقرب من سطح الأرض فإن سرعته تزداد كلما اقترب منها، ومن ثم أطلق العلماء مصطلح العجلة (Acceleration) على معدل زيادة سرعة الجسم، والتي أثبت جاليليو أنها ثابتة لجميع الأجسام عند نفس النقطة على سطح الأرض، هذا ما فسر فيما بعد بالتجاذب البيني المتبادل بين الكتل إلى أن جاء نيوتن ووضع أول تصور رياضي لقانون التثاقلية العام مبنياً على الأسس التي وضعها كبلر في قوانينه الثلاثة عن حركة الكواكب في السماء، والتي توضح أنه لابد من وجود قوى تربط هذه الكواكب بعضها ببعض، كما تربط بينهم وبين الشمس، ووجد أن هذه القوى تتناسب طردياً مع كتل هذه الأجسام وعكسياً مع المسافة بينهما.

تتعدد أوجه استعمالات الطرق التثاقلية، فهي منذ نظرية **أينشتين** النسبية عن الترابط بين الزمان والمكان وعلاقة التثاقلية بهما محط أنظار الفيزيائيين وعلماء الرياضيات لفهم طبيعة هذا الترابط في الكون العظيم حتى وصلنا إلى النظرية الخيطية (String theory) التي تحاول فهم أصل التثاقلية. وعلى نطاق كرتنا الأرضية يمثل فهم مجالنا التثاقلي جزءاً أساسياً في التطبيقات العسكرية، ولولا اهتمام العسكريين بتطوير الأبحاث وإنفاق الأموال الكثيرة لتحديث أجهزة قياسها لما كان هذا التطور الذي نشهده حالياً منذ الحرب العالمية الثانية. كما استخدمت الطريقة التثاقلية - على نطاق استكشافي - في البحث عن البترول وتحديد أبعاد الأحواض الرسوبية وغيرها، وشملت هذه الطريقة استخدام العديد من أجهزة القياس بدءا من ميزان اللي للكشف عن القباب الملحية في خليج المكسيك بالولايات المتحدة الأمريكية، وحتى الأجهزة الحديثة المستخدمة حاليا، وبصفة عامة فقد انتشر تطبيقها في البحث عن أي أهداف تختلف في كثافتها عن كثافة الوسط المحيط بها.

كان من أهم القفزات العلمية في تطور طرق قياس التثاقلية ما بدأه **جيوج وولارد** في أربعينات القرن الماضي، واستمر حتى الستينيات، وتوج بإنشاء أول شبكة عالمية للتثاقلية العيارية (International Gravitational Standard net- IGSN) والتي تعد مرجعية لجميع مسوحات التثاقلية الحديثة في العالم أجمع. ومع دخول قياسات التثاقلية المشتقة من قياسات الارتفاع بواسطة الأقمار الاصطناعية حيز التنفيذ؛ زادت قياسات التثاقلية على مستوى العالم في جميع المحيطات والبحار والأماكن غير المأهولة - صعبة الوصول إليها بالطرق البرية أو الجوية - لرسم العديد من خرائط المجال الأرضي التثاقلي، مما أعطى للعلماء صورة واضحة عن حركة الصفائح على سطح الأرض، وتكتونية القارات، والعمليات الجيولوجية ذات النطاق القاري، وعلى حواف القارات والأرصفه القارية. و أصبح للتثاقلية ثقل علمي في دراسة ديناميكية الأرض.

أجهزة قياس التثاقلية

شهد العلم تطور أكثر من ٤٠ نوعا من أجهزة قياس التثاقلية ومعدلات تغيرها، كما يوجد ٣٠ نوعا آخر جاري تطويرها، ولعل أكبر دليل على تطور علم التثاقلية واستخدامها في أوجه الاستكشاف المختلفة والمتعددة هو زيادة أعداد فرق المسح التثاقلي - في بعض السنوات - عن مثيلاتها في طرق الاستكشاف السيزمية وغيرها.

يمكن تقسيم أجهزة قياس التثاقلية بصفة أساس إلى نوعين هما:

- **أجهزة قياس مطلقة**

تقيس هذه الأجهزة القيمة المطلقة لعجلة التثاقلية الأرضية عند كل نقطة قياس، وعلى الرغم من دقتها الشديدة إلا أن أجهزتها ما زالت مرتفعة الثمن، وكبيرة الحجم وتحتاج إلى وقت طويل نسبياً للوصول إلى الدقة المطلوبة، إلى جانب احتياجها لمهارة ودقة من الشخص الراصد. تتراوح القيمة المطلقة للجاذبية الأرضية من ٩٧٩ جال إلى ٩٨٣ جال - الجال نسبة للعالم الإيطالي **جاليليو** - أي ما يقرب من ١٠ ^{٣} ملليجال.

- **أجهزة قياس نسبية**

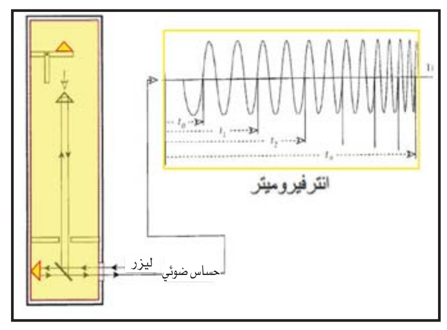
تقيس الأجهزة النسبية الفرق بين قياسات قيمة التثاقلية الأرضية من موقع لآخر - لا نهتم

هنا بالقيمة المطلقة - وهذا ما نحتاجه في عمليات الاستكشاف الجيوفيزيائي عن التراكيب الجيولوجية المختلفة وما تحتويها من ثروات معدنية ونفطية ومياه جوفية وغيرها. وغالبا ما تتراوح قيم شذات هذه التراكيب من ٠,١ إلى ٢٠ ملليجال طبقا لاختلاف كثافة الصخور المكونة لها من مكان لآخر.

يوجد العديد من أنواع أجهزه قياس التثاقلية يتم استخدامها في القياس، سواء على الأرض، أو في الآبار أو البحار، أو تحت الماء أو على قيعان المحيطات، أو في الجو على متن الطائرات، أو في الفضاء أوحتى على سطح القمر والمريخ، ومن أهمها وأكثرها شيوعا واستخداما - بعد البندولات - ما يلي:

■ **جرافيمترات السقوط الحر :** وتعتمد على زمن سقوط جسم ما سقوطاً حراً لمسافة محددة معروفة مسبقاً، ويجب أن يكون كل من الوقت والمسافة على درجة عالية من الدقة.

مرت هذه النوعية من الأجهزة بعدة مراحل للتطوير؛ ففي الخمسينات من القرن الماضي استخدم مايكلسون انترفيرومتر تردد الضوء الأبيض - جهاز تسجيل ضوئي - مع ساعة قياس زمن مصنوعة من الكوارتز، وقد وصلت دقة قياسه إلى واحد ملليجال. وفي الستينات تم استخدام مرآة مكعبة الزاوية للجسم الساقط وانترفيرومتر ليزري بدلاً من الضوء الأبيض. وبإضافة مكعب آخر للجهاز، شكل (١)، وبعض المنشورات أمكن تقسيم الشعاع إلى جزئين، أحدهما مرجعي لا يحدث فيه أي تغير والآخر مقاس، ويشكل كل شعاع أحد ذراعي **مايكلسون** إنترفيرومتر. ينعكس كل شعاع مباشره عائدا من المنشور المؤثر عليه، ويمر خلال المقسم



■ **شكل (١) تركيب جرافيميتر السقوط الحر (معدل من لوري، ٢٠٠٧م).**

حيث يتم تركيب الشعاعين بعضهما فوق البعض (Superimposed) مشكلين مايسمى بحلقات التداخل على لاقط ضوئي مناسب. ويتناسب تردد هذه الحلقات مع سرعة الجسم الساقط. وبمعلومية الزمن والمسافة يمكن بسهوله معرفة عجلة السقوط الحر.

تراوحت دقة جرافيمترات السقوط الحر في سبعينات القرن الماضي من ٠,٠١ إلى ٠٥ ملليجال، بينما وصلت دقتها في نهاية الثمانينات إلى ١ ميكروجال باستخدام أجهزة ميكرو-جيرافيتي.

■ **أجهزة ميزان اللي:** بدأ العمل بها من عام ١٩٠٨م واستمرت حتى أربعينات القرن الماضي، وتستخدم لقياس معدل تغير التثاقلية بين نقطتين - وليس القيمة المطلقة للتثاقلية - وتقاس بوحدة تسمى "اتفس" وهي تساوي 10^{-9} ثانيه -٢ ملليجال/ كيلومتر. ونظراً للوقت والجهد المطلوبة للقراءة الواحدة (حوالي ٦ ساعات في الحقل)، فقد اندثرت هذه الأجهزة الآن بعد أن أدت العديد من القياسات الدقيقة خلال ثلاثينيات وأربعينات القرن الماضي.

■ **جرافيمترات الزنبرك:** ويقيس مقدار التغير في وضع اتزان كتلة ما - الناتج عن التغير في مجال التثاقلية بين المحطات المختلفة - وتتم هذه القياسات بأحد الطرق الآتية:

١- قياس الانحراف عن وضعية الاتزان آليا.

٢- قياس شدة القوة العكسية أو المرتدة اللازمة للعودة لوضع الاتزان.

٣- قياس مقدار التغير في القوة اللازمة للحفاظ على وضع الاتزان في نقطة الصفر.

يوجد نوعان من أجهزة جرافيمترات الزنبرك هما:

- **أجهزة القياس الثابت:** مثل الجرافيمترات الخطية، ويحتوي على عنصر مستجيب (مثل الزنبرك أو النابض) مع تغير في الإزاحة يتناسب - تقريباً - مع التغير في المجال التثاقلي، وتكبير هذه الإزاحة حتى يمكن قياسها.

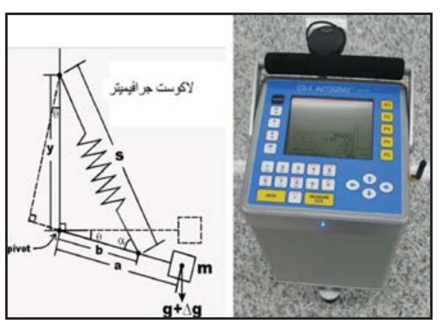
- **أجهزة القياس غير الثابت:** وتمثل حاليا معظم الأجهزة العاملة في مجال الاستكشاف التثاقلي، ومنها جرافيمترات زنبرك الطول الصفري (مثل لاكوست، وروميرج، و وردون، وسنتريكس)، وهي مصممة بحيث إن أي تغير في التثاقلية عن قيمة التوازن تُدخل قوى أخرى في العمل تزيد من الإزاحة الناشئة من تغير التثاقلية بمفردها ومن ثم زيادة حساسية الجهاز.

استمر تطوير هذا النوع من الأجهزة خلال أربعينات القرن الماضي بواسطة **لاكوست و رومبرج** اللذين أبدعا في تصميم جرافيمترات الطول الصفري(zero length)، وتم قياس التثاقلية النسبية بدقة تصل إلى ٢٠ ميكروجال، و بعد عمل التصحيحات اللازمة وصلت دقته إلى ٠,٢ ميكروجال. من جانب آخر اخترع **سام وردون** في عام ١٩٤٨م جرافيمترات الطول الصفري المائلة، حيث صنع الزنبرك من الكوارتز بدلاً من المعدن، كما تغير وزن الكتلة العيارية من ١٥ ملليجرام إلى ٥ ملليجرام، مما كان له عظيم الأثر في تحسين قدرة الأجهزة وزيادة حساسيتها حتى وصلت إلى٠,٠١ في الحقل.

ظهرت - حالياً - أنواع جديده من جرافيمترات زنبرك الطول الصفري تتميز بصغر حجمها ودقتها العالية (مثل CG3 و CG5)، وتوازنها آليا، إلى جانب العديد من التصحيحات التي تتم داخلها آلياً عن طريق استخدام المعالجات الإلكترونية ، شكل (٢).

■ **جرافيمترات الآبار** (BHGM)**:** وتقيس التغيرات الطفيفة في المجال التثاقلي للأرض في أماكن مختلفة من البئر، وبذلك يمكن حساب كثافة التكوينات الجيولوجية المحيطة به بطريقة مباشرة.

بدأ ظهور هذه الأجهزة مع نهاية خمسينيات القرن الماضي، حيث تم صناعة أول جهاز بواسطة شركة إسو للبترول وكان يتكون من مستشعر ذي سلك مهتز يتناسب تردد اهتزازه مع الشد في



■ **شكل (٢) رسم تخطيطي لووردن جرافيميتر.**

السلك، وبدوره يتغير التردد مع تغير المجال التثاقلي، وقد وصلت دقة الجهاز إلى ٠,٠١ ملليجال، مع وقت قراءة حوالي ٢٠ دقيقة.

طورت هذه الأجهزة مع دقة في القياس تتراوح مابين ٥ إلى ٢٠ ميكروجال، ووصلت في بعض الأحوال إلى واحد ميكروجال، شكل (٣)، ومن ثم أمكن استخدامها ليس فقط لتعيين الكثافة الكلية للتكوينات الجيولوجية، ولكن أيضاً لاستشعار التغير في الأسطح الفاصلة بين السوائل خلف أنابيب التكسيه داخل الآبار. وعلى سبيل المثال السطح الفاصل بين الغاز والمياه أو الغاز والزيت. وقد وجد أنه يمكن تحديد هذه الأسطح الفاصلة بأجهزة تتراوح حساسيتها ما بين ٢ إلى ٥ ميكروجال، أما بالنسبة للسطح الفاصل بين الماء والزيت فيكفي لتحديدها حساسية تتراوح ما بين ٠.٧ إلى ٣ ميكروجال.

■ **أجهزة قياس التثاقلية في البحر**

تنقسم أجهزة قياس التثاقلية في البحر إلى نوعين هما:

■ **أجهزة الأعماق**: ويعد جهاز جلف (Gulf) أول جهاز تم تطويره واستخدامه لقياس التثاقلية في الأعماق عام ١٩٤١م، ويتميز بوجود غلاف لحمايته من الماء، مع ربطه في كابلات تتدلى من الباخرة حتى قاع البحر، ومحركات صغيرة لضبط توازنه، فضلا عن وجود أجهزة تحكم عن بعد.

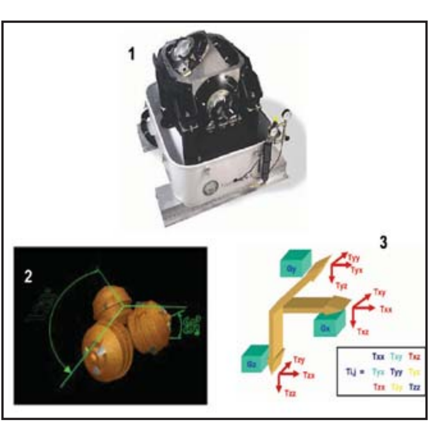
■ **الأجهزة المحمولة بالباخرة**: ويتم من خلالها الحصول على قدر كبير من البيانات، إلا أن صعوبتها تكمن في نشوء مركبات تسارع (Accelerated components) أخرى - ناتجة عن حركة الباخرة - تؤثر على قيمة المركبة التثاقلية الأصلية المقاسة للمجال الأرضي، والتي قد تنشأ من حركة الرياح في البحر، ونوع جهاز التثاقلية المستخدم. وللتخلص من تأثير مركبات التسارع يتم إجراء العديد من التصحيحات الخاصة بها، مثل تصحيح مركبة دوران الأرض الذي يلغي تأثير هذا الدوران من قيمة التثاقلية المقاسة.



■ شكل (٣) رسم تخطيطي لعمل جهاز تثاقلية الآبار.

● **أجهزة قياس التثاقلية في الجو**

ابتكر **لاكوست وورمبرج** عام ١٩٥٩م أول أجهزة قياس التثاقلية في الجو، وطورت منه عدة أنواع منها الجرافيمتر المتوازن (S جرافيمتر) الذي دخل عالم الاستكشاف عام ١٩٦٥م. امتد استخدام هذه الأجهزة، بل وتعدى استخدامها من على الطائرات ذات الأجنحة إلى الطائرات المروحية. وكان أول جرافيمتر متوازن (S-meter) تم استخدامه من فوق مروحية كان في عام ١٩٧٩م، ووصلت دقته إلى ٣ ملليجال. ونظرا للتطور المذهل - حالياً - في دقة هذه الأجهزة (١ ملليجال/٢٠٠ كيلومتر نصف طول موجي)، وتطور أنظمة الإحداثيات الجغرافية؛ احتلت التثاقلية المقاسة في الجو أهمية قصوى في عمليات الاستكشاف الجيوفيزيائي الجوي، ويوضح، شكل (٤) أحد أحدث هذه الأجهزه والمجهز لقياس مركبات المجال التثاقلي الأساسية، ومن ثم يمكن حساب باقي المركبات عدديا.



■ شكل (٤) المركبات المختلفة التي يمكن قياسها باستخدام أنظمة قياس التثاقلية الجوية الحديثة.(١) لثلاثة جرافيمترات مرتبة، صورة(٢) تستخدم لقياس المركبات الثلاث الأساسية Gx,Gy,Gz ومنها تحسب باقي مركبات المجال التثاقلي.

● **قياسات التثاقلية من الأقمار الصناعية**

لم يكن من الممكن - في بداية الأمر - قياس التثاقلية مباشرة عن طريق الأقمار الصناعية، أي لا يوجد جهاز تثاقلية يحمل على القمر الصناعي، إلا أن قيمتها قد اشتقت من تحليل الارتفاعات المقاسة من القمر الصناعي عن طريق الرادارات الحديثة، وقد بدأ ذلك منذ القمر البحري (Seasat)، عام ١٩٧٨م.

ظهرت حالياً أجيال جديدة من الأقمار الصناعية مثل شامب (Champ) الذي يقيس مباشرة قيمة عجلة التثاقلية الأرضية - من على ارتفاع ٤٠٠ كيلومتر - سواء فوق القارات أو أعلى البحار، واستكملت مسيرة الأقمار الحديثة بالقمرين GRACE و GDCE.

تصحيح قيم التثاقلية

على الرغم من التطور المذهل في طرق قياس التثاقلية الأرضية والأجهزة المستخدمة، إلا أن هناك عدة تصحيحات أساسية يجب أن تطبق على قياسات وبيانات التثاقلية قبل البدء في تفسيرها، وذلك لإزالة تأثيرات عديدة ليس لها علاقة بجيولوجية المنطقة المأخوذة منها هذه البيانات.

اتفق العلماء على تقسيم هذه التصحيحات إلى نوعين هما:

● **التصحيحات العيارية الأساسية**

تصنف التصحيحات العيارية الأساسية إلى أربعة أنواع هي:

■ **تصحيح اختلاف خط العرض**: ويتم إجراؤه بسبب زيادة قيمة التثاقلية مع زيادة خط العرض، ويرجع ذلك إلى شكل الأرض البيضاوي، وقد اتفق العلماء في المؤتمر الجيوفيزيائي الدولي في كانبيرا عام ١٩٨٠م على معادلة عامة - تصل دقتها إلى ٠,٧ ميكروجال - وذلك لحساب قيمة التثاقلية بمعلومية قيمة خط العرض عند محطات القياس.

■ **تصحيح تأثير الارتفاع عن سطح الأرض (تصحيح الهواء الحر)**: ويتم اجراؤه إذا كانت نقطة

القياس على ارتفاع معين من السطح المرجعي – عادة سطح البحر أو بمعنى أدق الجيود (Geoid) – حيث يتم حساب الفرق في الارتفاع بالمتر – بين محطة القياس والسطح المرجعي – وضربه في مقدار معين (٠,٣٠٨٦)، ويتم إضافة الناتج إلى قيمة التثاقلية المقاسة إذا كانت محطة القياس فوق سطح البحر أو طرحه إذا كانت أسفله، شكل (٥).

■ **تصحيح بوجير (Bouguer correction):** ويختص بإزالة تأثير كثافة المادة المكونة للكتلة الصخرية (تل، جبل، هضبة) التي توضع فوقها أو أسفلها محطة قياس التثاقلية. قام العلماء بحساب معامل التصحيح اللازم لذلك، ووجدوا أنه يقدر بقرابة ٠,٠٤١٩ مضروبا في كل من ارتفاع محطة القياس عن السطح المرجعي وكثافة الصخور الموجودة أسفلها. كما أن القيمة الناتجة من التصحيح يتم طرحها من جميع القراءات المقاسة إذا كانت النقط فوق السطح المرجعي، وطرحها إذا كانت موجودة أسفله، شكل (٥).

■ **تصحيح نتيجة لشكل الأرض:** ويتم إجراؤه إذا كان سطح الأرض المحيط بنقطة القياس غير مستو، وهو عبارة عن حساب لتأثيرات الكتل المحيطة بنقطة القياس بعد حساب ارتفاعاتها جيداً وافتراض كثافتها أو حسابها بإحدى الطرق المعروفة. و يكون هذا التصحيح – دائماً – موجبا، ويضاف على قيمة التثاقلية المقاسة سواء كانت التضاريس أعلى أو أقل ارتفاعاً من نقطة القياس، و يتم إجراؤه عن طريق الحاسبات الآلية نظراً لما يتطلبه من جهد في حسابه.

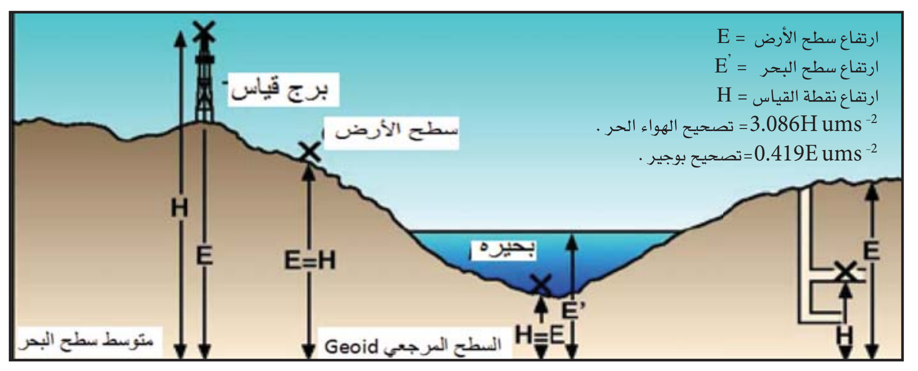
● **تصحيح توازن القشرة الأرضية**

يتم إجراء تصحيح توازن القشرة الأرضية (Isostatic correction)؛ لإزالة تأثير الكتل الصخرية الموجودة على أعماق كبيره من القشرة الأرضية أو حتى الجزء الأعلى من طبقة الوشاح (Upper mantle layer) الذي ربما يبرز لأعلى لموازنة نقص في كتلة القشرة الأرضية التي تعلوه. وهناك نموذجان لمعرفة كيفية تصرف القشرة الأرضية في حالة عدم الاتزان، شكل (٦). أولهما نموذج **برات** (Pratt, 1855)، و الآخر نموذج **إيري** (Airy, 1855) حيث رأى برات أن كثافة الأرض تحت المناطق الجبلية لابد أن تكون أقل منها تحت المناطق المحيطية. أما **إيري** فأشار إلى أن كثافة الأرض ثابتة، بينما يتغير شكل الكتلة الأرضية بحيث يقترب اللب الكثيف من سطح الأرض تحت المناطق الساحلية والمحيطات ويبتعد عنها تحت القارات والمناطق الجبلية، وبهذا يحدث توازن الكتلة.

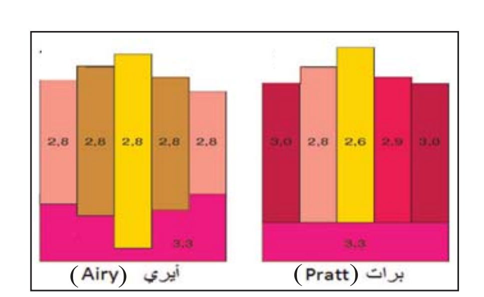
يتم هذا التصحيح باستخدام جداول وأشكال خاصة، ومن الضروري إجراؤه إذا كانت المنطقة جبلية، وعلى سبيل المثال الجزء الغربي من المملكة العربية السعودية أو ما يسمى بالدرع العربي.

● **تصحيحات أخرى**

هناك بعض التصحيحات الأخرى التي تعتمد على عامل الزمن، وليس لها علاقة بجيولوجية المكان تحت الدراسة، ويجب أن تتم حتى لا تتأثر دقة القياسات، ومن أهما: تصحيح المد والجزر، وتأثير انحراف الجرافيمتر الناتج عن تغير مواصفات المرونة للزنبرك الموجود في الجهاز مع مرور الزمن، واختلاف درجة الحرارة والضغط الجوي.



■ شكل (٥) تصحيح الهوا الحر Free -air، وتصحيح Bouguer.



■ شكل (٦) فرضيتا برات وايري لتفسير توازن القشرة الأرضية.

فصل ومعالجة وتفسير البيانات التثاقلية

يتطلب الاستكشاف التثاقلي الناجح – بالإضافة إلى بيانات عالية الدقة – تطبيق العديد من المرشحات، ووسائل إظهار لخواص هذه البيانات، واستخدام طرق دقيقة لمعالجتها وتفسيرها للوصول إلى الهدف المنشود من المسح التثاقلي، وذلك من خلال التفسير الجيولوجي الموثوق به لهذه البيانات، ومن أهم هذه المعالجات والمرشحات ما يلي:

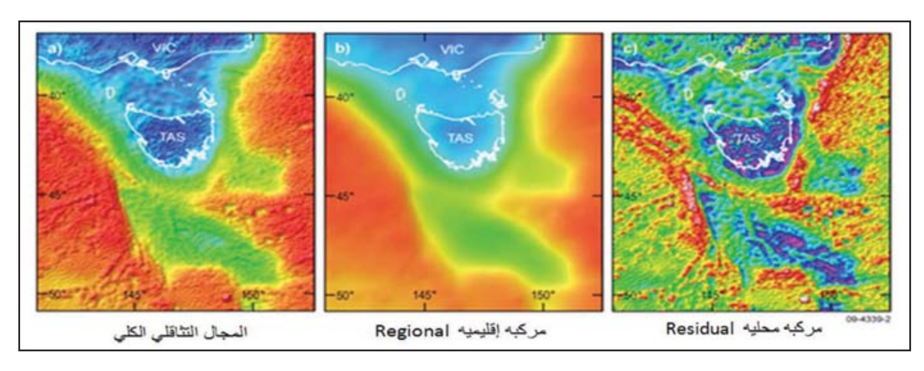
● **فصل الشذات الإقليمية والمحلية**

تتداخل الشذات المحلية أو المتبقية (Residual) ذات الأهمية الاقتصادية أو المرغوب في استكشافها، ومعرفة مصدرها مع الشذات الإقليمية (Regional) الأخرى الناتجة عن أجسام جيولوجية، إما ذات أبعاد كبيرة بالنسبة للشاذة المرغوب فيها، أو ذات عمق كبير لا يدخل في أهداف عمل المسح التثاقلي، لذلك يلزم فصل الشذة الأولى المحلية عن الثانية الإقليمية. يوضح شكل (٧) مثال لشذة إقليمية وأخرى محلية تم فصلهما من شذة بوجير لمنطقة ما في استراليا.

مرت طرق الفصل بعدة مراحل بداية من الطرق البيانية قليلة الدقة، ثم الطرق التحليلية (مثل جريفن و أقل المربعات)، وأخيرا استخدام الصفات الترددية للشذات في فصل مركباتها إلى محلية وإقليمية للاستفادة من كل منهما على حدة.

● **النمذجة**

يستلزم الوصول إلى المرحلة النهائية في التفسير التثاقلي وضع تصور واضح للتوزيع الدقيق لكثافات الصخور المكونة للتراكيب والتكوينات تحت السطح، وعلى الرغم من عدم وجود حل محدد لهذه الجزئية إلا أن معظمها حلول تقريبية تعتمد في



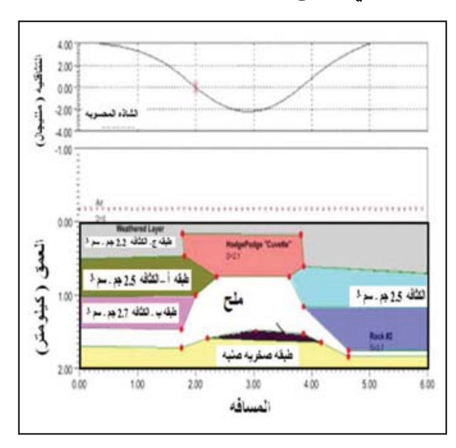
■ شكل (٧) مثال لشاذة إقليمية وأخرى محلية تم فصلها من شاذة المجال الكلي لمنطقة في إستراليا.

مجملها على عمل نموذج رياضي لتوزيعات الكثافات بالمنطقة تحت الدراسة، وتنقسم النمذجة بصفة عامة إلى نوعين هما:

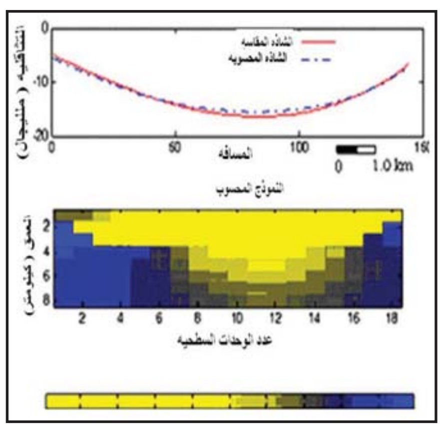
■ **مباشرة**: ويفترض فيها عمل نموذج بنائي مبدئي لجيولوجية تحت السطح، بناءً على جميع بيانات التحليلات السابقة، سواء الجيولوجية أو الجيوفيزيقية، ويتم حساب المجال التثاقلي الناتج، ويقارن بالمجال الذي تم رصده في الحقل، ويتم تعديل معاملات المجال الناتج يدويا حتى الوصول إلى التطابق التام بين المجالين المحسوب و المرصود، معطيا صورة جيدة إلى حد ما عن الجيولوجية تحت السطحية لمنطقة الدراسة، و يوضح شكل (٨) نموذج مباشر للتراكيب تحت السطحية لبناء جيولوجي مفترض.

■ **غير مباشرة أو عكسية**: وتستخدم للوصول إلى أدق تصور ممكن للتراكيب تحت السطحية؛ وذلك بتقسيم الأرض إلى عدد كبير من المنشورات أو المكعبات - سواء في البعد الثنائي أو الثلاثي - مع إعطاء كل منها قيمة كثافة مبدئية، وبحساب المجال التثاقلي الناتج عن كل عنصر وجمعهم سوياً لإعطاء التصور النهائي للمجال الناتج عن التركيب المقترح، ثم مقارنة ذلك بالمجال المرصود من الحقل وإذا لم يتحقق التطابق يعاد توزيع الكثافات مرة أخرى، وتكرار هذه العمليات مراراً و تكراراً حتى الوصول إلى حل تتطابق فيه بيانات المجال التثاقلي المرصود.

تختلف طريقة النمذجة المباشرة عن النمذجة العكسية في أن الأولى يجب أن تتم بمعرفة الشخص المفسر للبيانات يدوياً وتأخذ وقتاً طويلاً، إلى جانب صعوبة تحقيق المعاملات الرياضية فيها، أما الطريقة الثانية فهي آلية تماماً في كثير من الأحيان و تتقيد رياضياً و لا ينتج لها حل إلا إذا تحققت جميع الشروط الرياضية والجيوفيزيقية والجيولوجية وغيرها في الحل المطلوب. يبين شكل(٩) تحليل لبعض البيانات التثاقلية بطريقة العشوائية الصغرى لعمل النمذجة العكسية للمجال التثاقلي على نموذج جيولوجي مفترض لحوض رسوبي.



■ شكل (٨) نموذج لعملية النمذجة المباشرة للمجال التثاقلي لتركيب جيولوجي تخيلي.



■ شكل (٩) مثال للنمذجة العكسية لمجال التثاقلية باستخدام الطريقة العشوائية على نموذج جيولوجي مفترض لحوض رسوبي، (غباشي ٢٠٠٧)..

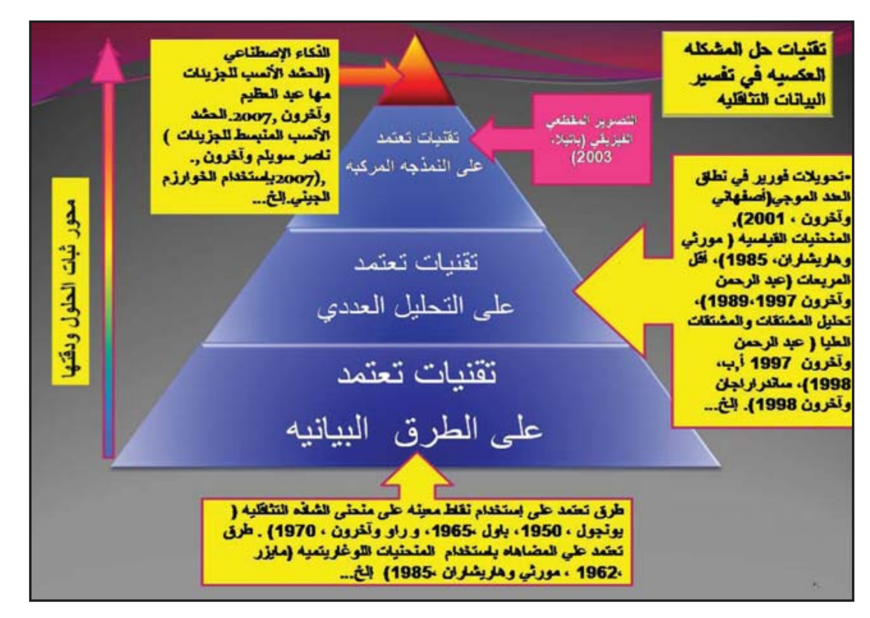
ومن الجدير بالذكر أن هناك العديد من الطرق البيانية والآلية التي ابتكرها العلماء لتفسير المجال التثاقلي وأيضاً المغناطيسي للأرض نظراً للتماثل الرياضي بين منشئهما، ويمكن تقسيمها إلى ثلاثة مسارات، شكل (١٠): **الأول**: ويعتمد على الطرق البيانية وهو أقلهم دقة، وقد استخدم في بدايات القرن الماضي منذ الخمسينات مثل: طرق **باول** (١٩٥٠م)، **وماير**(١٩٦٢م)، و **هاريش** (١٩٨٥م). **الثاني**: **يعتمد** على استخدام التحليل العددي في إيجاد حلول تقريبية جيدة مثل: تحويلات **فورير**، وأقل المربعات، واستخدام المشتقات العليا. **الثالث**: وهو عبارة عن نظريات تعتمد على النماذج الرياضية المعقدة والمركبة نوعاً ما مثل: طرق التصوير المقطعي الفيزيائي، أوطرق الذكاء الاصطناعي مثل طرق الحشد الأنسب للجزيئات (Intelligence swarm)، والحشد المنبسط (Stretched swarm)، واستخدام الخوارزم الجيني ... إلخ.

تطبيقات الاستكشاف التثاقلي

ساهم الاستكشاف التثاقلي بدور محوري في جميع مجالات التنمية البشرية، وعلى جميع الأصعدة بدءاً من البحث عن البترول و الغاز، والمواد الخام كالحديد و الملح وغيره، كما تطرق إلى البحث عن تركيب القشرة الأرضية في الأعماق، حتى وصل إلى أكثر من ٩٠٠٠ متر تحت سطح الأرض، داخل القشرة الأرضية، وقريباً من الوشاح. و من أهم تطبيقات الاستكشاف التثاقلي مايلي:

● البحث عن النفط

تتمثل أهمية الاستكشاف التثاقلي في مجال البحث عن النفط في تحديد عمق وامتداد وسمك الأحواض الرسوبية المناسبة للتجمعات النفطية؛ مما ساهم في اكتشاف العديد من حقول النفط على مستوى العالم. ومثال ذلك فقد لعبت طرق الاستكشاف التثاقلي في مجال البحث عن النفط بالمملكة دورا مهما في اكتشاف العديد من الحقول البرية والبحرية مثل حقل الغوار - أهم حقل إنتاجي في المنطقة العربية بل والعالم أجمع

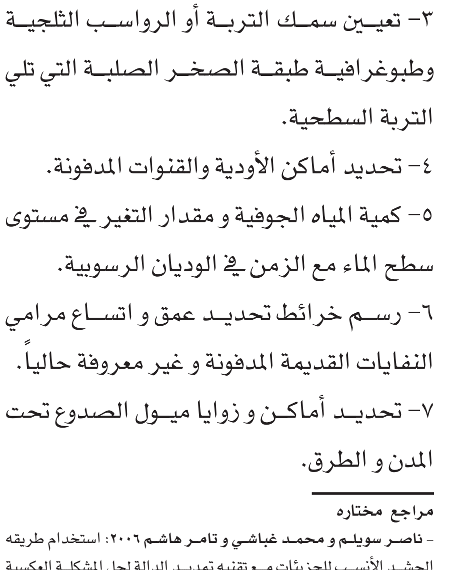


■ شكل (١٠) طرق تفسير المجال التثاقلي والمغناطيسي على أساس ثبات الحلول ودقتها،(غباشي ٢٠٠٨م).

– بالإضافة إلى حقول خريص، و أبو جيفان، ومزالج، وجرابيات، وجهم، والهبا، وأرياه، وريمثان، وبكر، وفارزان، وحرملية ودبدبة.

● دراسة القشرة الأرضية

تمثل دراسات القشرة الأرضية حالياً هدفا لعدد أكبر من العلماء العاملين بدراسة الأرض. وبرز ذلك الاهتمام والتحدي في حفر عدة آبار عميقة على مستوى العالم، منها: البئر الروسي كولاس ج٣ في عام ١٩٨٥م بعمق حوالي ٩٥٨٣م، وبئر KTB في ألمانيا عام ١٩٩٤م بعمق ٩١٠١ متر داخل القشرة الأرضية. حاول العلماء من خلال هذه الآبار – عن طريق استخدام العديد من الطرق الجيوفيزيقية ومنها الطرق التثاقلية – فهم العمليات الأساسية التي تتم داخل القشرة الأرضية ومنها: كيفية حدوث الزلازل، وتكوين الخامات والركاز، وتجميع أكبرقدر ممكن من البيانات الجيوفيزيئية عن كيفيه انتقال السوائل والتبادل والانتقال الحراري خلال الصخور ومجالات الإجهاد و تصرف الموجات السيزمية، وكذلك المجالات الكهربية العميقة. ويبين الشكل (١١) المجال التثاقلي تحت السطحي لبئر (KTB) الرئيسي، وقد اتضح من تفسير بياناته سواء منفردة أو مع بيانات التثاقلية السطحية أن هناك أجساما كبيرة جداً من صخر الأمفيبيولايت عالي الكثافة سواء على جانب البئر أو أسفله، وأطلق على الجسم السفلي أيربندورف (Erbendorf body)، وكان له عظيم الأثر في وضع تصور للشكل البنائي للمنطقة المحفور بها البئر.



■ شكل (١١) التثاقلية المقاسة داخل البئر العميق (KTB) ونموذج جيولوجي عام لمنطقة الدراسة بألمانيا (غباشي ٢٠٠٦م، وغباشي وآخرون ١٩٣).

● الأغراض البتروفيزيائية

استخدمت تثاقلية الآبار لتعيين قيم نفاذية الصخور من خلف الأنابيب الكاسية للآبار المحفورة، بالإضافة إلى قيم الكثافة الكلية للصخور، وكذلك ملاحظة تغير الحد الفاصل بين الغاز والماء، والماء والزيت في الحقول المنتجة للبترول بدقة متناهية، وهو ما يعد نقلة نوعية كبيرة ساعدت في تقدير احتياطي الخزانات البترولية تحت سطح الأرض.

● الهندسة البيئية

لجأ الإنسان إلى استخدام الطرق التثاقلية لحل العديد من المشاكل التي برزت حديثا، نتيجة استحداثه لأبنية شاهقة ومتعددة الطوابق، ومده لطرق سريعة تتحمل أوزان ناقلات عملاقة، ومد خطوط سكك حديدية و بناء مطارات. ومن أبرز استخدامات التثاقلية في الهندسة البيئية ما يلي:

١- تحديد و اكتشاف الفراغات تحت السطحية كالكهوف والممرات الأرضية.

٢- تحديد مقدار أو معدل الهبوط الأرضي في الأماكن المعرضة لذلك مع مرور الزمن.

٣- تعيين سمك التربة أو الرواسب الثلجية وطبوغرافية طبقة الصخر الصلبة التي تلي التربة السطحية.

٤- تحديد أماكن الأودية والقنوات المدفونة.

٥- كمية المياه الجوفية و مقدار التغير في مستوى سطح الماء مع الزمن في الوديان الرسوبية.

٦- رسم خرائط تحديد عمق و اتساع مرامي النفايات القديمة المدفونة و غير معروفة حالياً.

٧- تحديد أماكن و زوايا ميول الصدوع تحت المدن و الطرق.

مراجع مختاره

– ناصر سويلم و محمد غباشي و تامر هاشم ٢٠٠٦: استخدام طريقه الحشد الأنسب للجزيئات مع تقنيه تمديد الدالة لحل المشكلة العكسية للبيانات التثاقلية: دراسة أوليه، حوليات الجمعية المصرية للرياضيات والفيزياء، المجلد ٨٦ رقم ٢، ص ٢٥٩-٢٨١.

– محمد غباشي و و. كاستن و ف.م. نيوباور ١٩٩٣، نتائج تثاقلية الآبار في بئر الحفر العميق الرئيسي (KTB) ونموذج بنائي جديد. حوليه الجمعية الجيوفيزيقية الألمانية، ٢٢-٢٧ مارس-كيل – ألمانيا الغربية.



الاستكشاف الإشعاعي

أ.د.حمدي إسماعيل حسانين

ترجع أهمية طرق الاستكشاف الإشعاعي الشائعة إلى انتشار العناصر المشعة، مثل: البوتاسيوم المشع، واليورانيوم، والثوريوم في صخور القشرة الأرضية بنسب متباينة، تبعاً لنسبة تواجد المعادن التي تحتويها في تركيبها الجزيئي، فمثلاً تعد الصخور الحامضية مثل الجرانيت والبيجماتيت من الصخور الغنية بالعناصر المشعة، بينما تنخفض تراكيز هذه العناصر في الصخور القاعدية مثل الجابرو. كما أن نسب هذه العناصر تتفاوت في الصخور الرسوبية تبعا لنوعية هذه الصخور وظروف ترسيبها، فمثلاً يعتبر الصخر الطفلي من أكثر الصخور المشعة انتشاراً نظراً لارتفاع نسبة البوتاسيوم فيها.

تعد المسوح الإشعاعية إحدى الطرق المهمة في عمليات استكشاف البترول، حيث يوضح تفسير المعطيات الإشعاعية التراكيب السطحية السائدة للوقوف على الوضع التركيبي والتغيرات السطحية للسحنات الصخرية، والتي يستفاد منها في تحديد مكامن البترول والغاز علاوة على خزانات المياه الجوفية. كما تساعد خاصية النشاط الإشعاعي في تقدير أعمار الصخور(Age dating)، والتعرف على العمليات الجيولوجية (primary processes) التي مرت بها الصخور أثناء تكونها ، مثل: عمليات التحول وتأثيرها بالمحاليل المعدنة، بالإضافة إلى العمليات اللاحقة (secondary processes) التي طرأت على الصخور خلال تاريخها الجيولوجي؛ مما يساعد على رسم الخرائط الجيولوجية للنطاقات الحاوية لليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم ونطاقات بعض التمعدنات المرتبطة بالصخور المتداخلة.

العنصر	الوحدة
البوتاسيوم-٤٠	النسبة المئوية (٪)
الثوريوم	الجزء في المليون (ppm)
اليورانيوم	الجزء في المليون(ppm)
العد الإشعاعي الكلي	المحتوى المكافئ لليورانيوم (Ur)

■ جدول(١) يبين الوحدات العيارية في الاستكشاف الإشعاعي لقياس العناصر الإشعاعية.

تعتمد طرق القياس الإشعاعية على خواص نواتج عملية النشاط الإشعاعي المتمثلة إما في جسيمات ألفا (α)، أو أشعة بيتا(β)، وأشعة جاما (γ) ودرجة نفاذيتها خلال الصخور التي تتخللها وكذلك قدرة اختراقها خلال الهواء، حيث يمكن لجسيمات ألفا - تتكون من نواة ذرة الهليوم - أن تخترق عدة سنتيمترات في الهواء، أما أشعة بيتا - عبارة عن إلكترون - فيمكنها أن تنفذ خلال الهواء لمسافة تزيد عن المتر، بينما يمكن لأشعة جاما - أشعة كهرومغناطيسية تشبه الضوء المرئي - أن تقطع ٣٠٠متر في الهواء ولكنها يمكن أن توقف عندما تعترضها كمية من الماء أو التربة أو الصخور. لذلك فإنها - أشعة جاما - تكتسب أهمية خاصة في عملية الاستكشاف الإشعاعي، حيث إنه يمكن من خلالها التعرف على وجود الصخور المشعة، وبالتالي القدرة على تحديد القيمة النسبية والمطلقة لمحتوى الصخور من اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم، تنطلق أشعة جاما تلقائياً كموجات كهرومغناطيسية ذات طاقة وتردد عالي جداً من نويات نظائر العناصر الطبيعية مثل الـBi^{214} وTl^{208} و K^{40} والتي لها أهمية كبرى جيولوجياً. ينتج ال Bi^{214} من تحلل نظير اليورانيوم U^{238} . أما Tl^{208} فيأتي من تحلل عنصر الثوريوم Th^{232} ، بينما يمثل النظير K^{40} نسبة ضئيلة قدرها ٠,٠١٢٪ من كل البوتاسيوم الموجود فى الصخور، ونظراً لثبات نسبته من البوتاسيوم الكلي في الصخور فهو يدل على مدى تواجد البوتاسيوم في الصخر حتى لو تعرض الصخر لعوامل التعرية أو التحول، جدول(١).

أجهزة المسح الإشعاعي

يمكن قياس أشعة جاما المنبعثة من الصخور نتيجة لعملية التحلل الطبيعي للعناصر المشعة

باستخدام بعض الأجهزة الأرضية، وكذلك الطائرات لما لها من قدرة على اختراق الهواء، وعليه فقد صممت عدة أجهزة لقياس هذه الأشعة، مثل:

● **الأجهزة الأرضية**

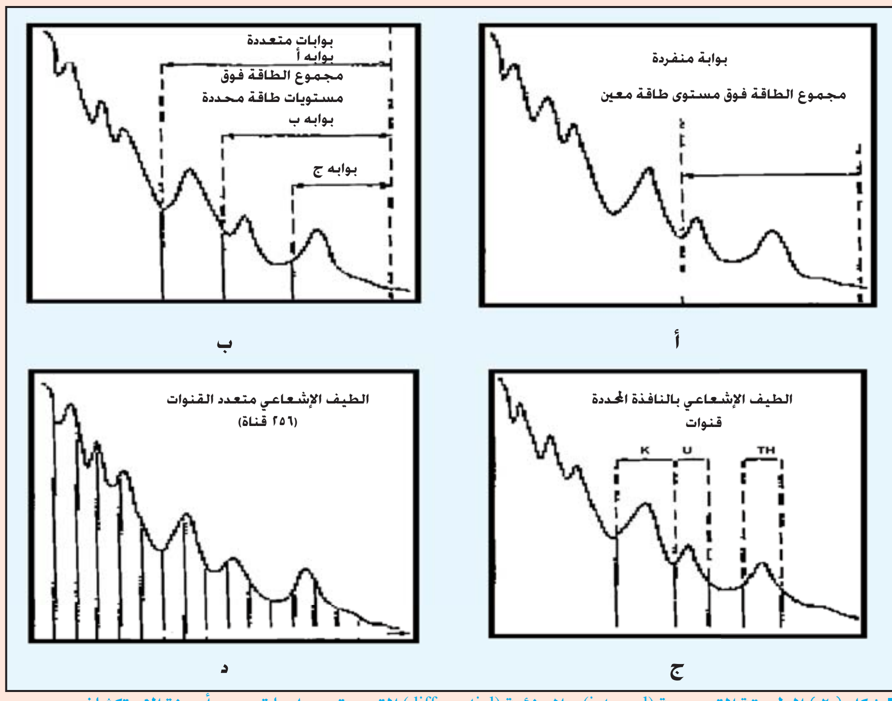
يطلق على الأجهزة المستخدمة في قياس أشعة جاما بالعدادات(counters)، والتي تطورت مع مرور الوقت، حيث يعد عداد جيجر مولر(Geiger Muller counter)، أول جهاز يستخدم حقلياً لقياس الإشعاع عام ١٩٣٠، شكل (١)، ثم تطور في عام ١٩٦٠م حتى أصبح وزنه ١٠ كجم بدلاً من ٢٥ كجم، واستمر التطور حتى تم تصميم جهاز إشعاعي طيفي متعدد القنوات -يحوي ٢٥٦ قناة- بإمكانه رصد العناصر المشعة كلاً على حدة.. وقد استخدمه الجيولوجيون والفيزيائيون على نطاق واسع في المسح الإشعاعي الأرضي.

وفي عام ١٩٨٠م، قام العالم هانس بتطوير هذه الأجهزة، فأصبحت تتكون من جزئين، هما:

– وحدة الحساس(detector)، وذلك لاستشعار أشعة جاما، حيث تحتوي على بلورة أو أكثر من الثاليوم الملغم بأيوديد الصوديوم، فعندما تنبعث أشعة جاما من الصخور، فإنها تخترق هذه البلورة، وتصطدم بإلكتروناتها؛ مما يؤدي



■ شكل (١) عداد جيجر(Geiger Counter).



■ شكل (٢) الطريقة التجميعية (integral)، والجزئية (differential) التي يعتمد عليها تصميم أجهزة الاستكشاف الإشعاعي(Hanson 1980).

إلى انتقال هذه الإلكترونات إلى مستوى طاقة أعلى، نتيجة الطاقة المكتسبة من التصادم، ثم ما يلبث أن يعود الإلكترون إلى مستوى الطاقة الأصلي، فيفقد طاقته المكتسبة على هيئة ومضات يتناسب عددها وشدتها مع طاقة أشعة جاما الساقطة على البلورة، ثم تقوم منظومة من أنابيب تكبير الضوء (photomultiplier) بتحويل هذه الشدة الضوئية إلى إشارات كهربائية، يتم تسجيلها رقميا.

-وحدة تحليل للإشارات وعرض النتائج (analyzer): ويوجد منها نوعان، هما:

١-تجميعية (integral): وتستخدم في عمليات الاستكشاف الإشعاعي السريع، حيث أنها تحتوي على بللورة محدودة الحجم، يمكنها قياس كل أشعاع جاما الساقط والواقع فوق مستوى الطاقة المحدد عبر نافذة واحدة،شكل (٢أ)، وبالتالي فإنها لا تميز بين أشعة جاما المنبعثة من الثوريوم عن تلك الصادرة من عنصر اليورانوم أو البوتاسيوم، ولكنها تقدر نسبة كل منها عن طريق قياس الفروق بين القيم المسجلة داخل كل نافذة من النوافذ الموضحة في الشكل(٢ب).

٢-تجزيئية (defferential): وتستخدم على نطاق واسع في عمليات الاستكشاف الطيفي الإشعاعي، حيث يمكنها تمييز أشعة جاما الساقطة بحسب العنصر الصادرة منه باستقبال أشعة جاما، عن طريق نوافذ ذات حدود مستويات الطاقة الخاصة بكل عنصر من عناصر البوتاسيوم و اليورانيوم والثوريوم، شكل(٢ج).

● **أجهزة المسح الإشعاعي الجوي**

تمت أول عملية مسح جيوفيزيائي جوي باستخدام جهاز الماجنيتوميتر والسينتلوميتر(scentillumeter) على جزر كندا الجليدية في عام ١٩٥٥م، بعدها قامت هيئة الطاقة الذرية الكندية بتصميم جهاز مسح جوي حساس يسجل طيف إشعاعات جاما، و يعمل كمعمل جيوكيميائي في الجو، ثم قام العالم **بريستوف** في عام ١٩٧٩م، بتطوير هذه



■ شكل (٣): صندوق بللورات أيوديد الصوديوم الملغمة بالثاليوم.

الأجهـزة حتى أصبحت جزءا مـن نظام متكامل لجمع البيانات، وذلك من خلال تزويدها بجهاز حاسـب آلي لتخزين البيانـات بالإضافة إلى ٥٠ لـتراً من بللـورات أيوديـد الصوديـوم الملغمة بالثاليـوم موزعة على ١٤ وحدة في صندوق واحد (شكل ٣).

ومـن الجديـر ذكـره أنـه لتنفيـذ المسـح الإشعاعـي فإنـه تستخـدم طائـرات الهليوكبتر في المناطق صعبـة التضاريس، بسرعة تصل إلى ٥٠ مـتراً/ث حتـى يمكـن بتسجيل نقطـة رصد كل ٣٠-٦٠ مـتراً علـى طول خط الطـيران. أما في حالـة التضاريس الأقل صعوبـة فإنه تستخدم الطائـرات ذات الأجنحـة الثابتـة بسرعة تصل إلى٧٠ مـتراً/ث لتسجيل نقطة رصد كل٥٠ – ٨٠ متراً، شكل (٤).

ويجـب التنبيـه إلى أن ارتفـاع الطائرة لابد أن يكـون علـى ارتفـاع واحد من سطـح الأرض، بحيث لايزيد عن ١٠٠ متراً لتفادي تأثير الأشعة الكونيـة، شكل (٥)، وبمـا أن هذه الطريقة تعمل على التقدير الكمي لعناصر اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيـوم، فإنـه يجـب تأثـير المعامـلات الإحصائيـة للعـد الإشعاعـي، حيـث إن معامل الخطـأ المقبول في قيمة العـد الإشعاعي / وحدة المسافة تتناسب تقريباً مع الجذر التربيعي لمعدل العـد. ولتقليـل الخطـأ في القياس يمكـن زيادة العـدّات عن طريق زيادة حجم البلورة الحساسة كلما أمكن. أو زيادة زمن القياس من خلال تقليل سرعة الطائرة.حيث إن أفضل مسافة بينية بين خطوط الطيران الجوي تصل إلى ٢٠٠ متر.

معايرة أجهزة المسح الإشعاعي

يرتبـط استخـدام الأجهـزة المختلفـة في القياسات الإشعاعية بالعديد من العوامل الخاصة بالجهاز، من أهم هذه العوامل حساسية المقياس. والتي تختلف مـع اختلاف درجة الحرارة للبلورة و أنابيـب التكبيـر. لذلـك تجـري عمليـة معايرة يومية باستخـدام عينات عياريـة للجهاز لتلافي تأثيـر التغيـر في درجة الحـرارة، وضبط قنوات القياس بحيث تكون قراءات معدلات العد الكلي المسجلـة في الثلاث قنوات تعبر عـن أشعة جاما الصـادرة منها. ويجب التنبيـه إلى أن استخدام العينات العيارية المعتمدة من هيئة الطاقة الذرية في إجـراء عمليـة المعايـرة يجعل بيانـات المسح الإشعاعي موحدة على مستوى العالم.

تصحيح القياسات الإشعاعية

تتأثر القياسات الإشعاعية بعدد من العوامل الخارجية ، مثل:

-**الأشعـة الكونيـة (Cosmic ray)**: وتعتـبر مـن أهم عوامـل الشوشـرة على بيانـات المسح الإشعاعي، حيـث تشتمل على أشعـة جاما، التي تتداخـل مع الأشعـة المنبعثة مـن الصخور، مما يـؤدي إلى تكوين خلفية إشعاعية تؤثر على جميع مكونات الطيف الإشعاعي.

-**الإشعاع البيئي (Atmospheric radiation):** وينشأ مـن وجود غاز الرادون الذي ينبعث خلال عملية التحلل الإشعاعي للمعادن المشعة.

-**ذرات الهـواء والغبـار**: وتعمـل علـى تشتت أشعـة جامـا عنـد اصطدامهـا بالمكونـات الذريـة(Compton scattering) ممـا يمنـع وصولها لجهاز القياس.

- **عوامـل التعريـة والتحـول**: وتؤثـر فـي تغيير العلاقـة النسبيـة بـين محتـوى الصخـور مـن



■ شكل (٥) طريقة المسح الجوي الاشعاعي.



■ شكل (٤) نماذج من طائرات المسح الجيوفيزيائي الجوي.

نوع الصخر	البوتاسيوم (٪)		الثوريوم (جزء / المليون)		اليورانيوم (جزء / المليون)	
	المدى	المتوسط	المدى	المتوسط	المدى	المتوسط
الفيضية الحامضية	١,٠ – ٦,٢	٣,١	١,١ – ٤١,٠	١١,٩	٠,٨ – ١٦,٤	٤,١
المتداخلة الحامضية	٠,١ – ٧,٦	٣,٤	٠,١ – ٢٥٣,١	٢٥,٧	٠,١ – ٣٠,٠	٤,٥
الفيضية المتوسطة	٠,٠١ – ٢,٥	١,١	٠,٤ – ٦,٤	٢,٤	٠,٢ – ٢,٦	١,١
المتداخلة المتوسطة	٠,١ – ٦,٢	٢,١	٠,٤ – ١٠٦,٠	١٢,٢	٠,١ – ٢٣,٤	٣,٢
الفيضية القاعدية	٠,٠٦ – ٢,٤	٠,٧	٠,٠٥ – ٨,٨	٢,٢	٠,٠٣ – ٣,٣	٠,٨
المتداخلة القاعدية	٠,٠١ – ٢,٦	٠,٨	٠,٠٣ – ٥,٠	٢,٣	٠,٠١ – ٥,٧	٠,٨
فوق القاعدية	٠,٠ – ٠,٨	٠,٣	٠,٠ – ٧,٥	١,٤	٠,٠ – ١,٦	٠,٣
الفيضية المتوسطة ذات الفلسبارات الغنية بالصوديوم	٢,٠ – ٩,٠	٦,٥	٩,٥ – ٢٦٥,٠	١٣٤	١,٩ – ٦٢,٠	٢٩,٧
المتداخلة المتوسطة ذات الفلسبارات الغنية الصوديوم	١,٠ – ٩,٩	٤,٢	٠,٤ – ٨٨٠,٠	١٣٣	٠,٣ – ٧٢٠,٠	٥٥,٨
الفيضية القاعدية ذات الفلسبارات الغنية بالصوديوم	٠,٢ – ٦,٩	١,٩	٢,١ – ٦٠,٠	٨,٢	٠,٥ – ١٢,٠	٢,٤
المتداخلة القاعدية ذات الفلسبارات الغنية بالصوديوم	٠,٣ – ٤,٨	١,٨	٢,٨ – ١٩,٦	٨,٤	٠,٤ – ٥,٤	٢,٣
المتداخلة القاعدية ذات الفلسبارات الغنية بالصوديوم	٠,٣ – ٤,٨	١,٨	٢,٨ – ١٩,٦	٨,٤	٠,٤ – ٥,٤	٢,٣
الأصل الصخور الرسوبية كيميائية	٠,٠٢ – ٨,٤	٠,٦	٠,٠٣ – ٣٢,٠	١٤,٩	٠,٠٣ – ٢٦,٧	٣,٦
الصخور الرسوبية كربونية الأصل	٠,٠١ – ٣,٥	٠,٣	٠,٠٣ – ٠,٨	١,٣	٠,٠٣ – ١٨,٠	٢,٠
الصخور الرسوبية الفتاتية	٠,٠١ – ٩,٧	١,٥	٠,٢ – ٣٦٢,٠	١٢,٤	٠,١ – ٨٠,٠	٤,٨
الصخور المتحولة نارية الأصل	٠,١ – ٦,١	٢,٥	٠,١ – ١٠٤,٢	١٤,٨	٠,١ – ١٤٨,٥	٤,٠

■ جدول (٢): التركيزات المعروفة للعناصر المشعة في المواد المكونة للقشرة الأرضية.

العناصــر المشعــة، حيـث إن اليورانيــوم يتأكسد ويـذوب في المـاء ، لذلك فهـو ينتقل مـن صخور البيجماتيت والجرانيـت ويترسب في الرسوبيات على مسافات كبيرة من مكان تكونه. أما الثوريوم فإنـه لا يذوب في الماء ويبقـى في صخور المنشأ أو ينتقل مع فتات هـذه الصخور؛ لذلك فإن عوامل التعريـة لها تأثير كبير في توزيع العناصر المشعة؛ مما يقلل نسبة اليورانيوم/الثوريوم بسبب وجود تجمعات من اليورانيـوم على مسافات كبيرة من صخور المنشأ. كما يتأثر البوتاسيوم بعملية تحول الصخـور وخصوصاً تلك المصاحبـة لتداخلات معـدن الفلسبـار ؛ مما يـؤدي إلى زيـادة تركيز البوتاسيوم المشع.

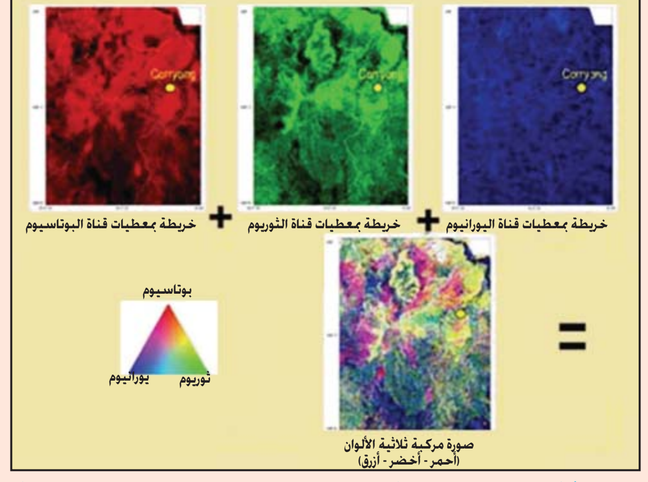
تفسير البيانات الإشعاعية

يعد تفسـير نتائج المسـح الإشعاعي مشابهة لتفسـير المعطيـات الجيولوجيـة التقليدية، فعلى خـلاف الطرق الجيوفيزيائـة الأخرى، فإن هذه الطريقـة لا تحتـاج إلى إجـراء نمذجـة رياضية لاستنباط نماذج عددية لمصادر محددة، ولذلك فإنـه عـادة ما تقـارن نتائجهـا بنتائـج العينات الجيولوجية والجيوكيميائية.

عنـد قياس طاقة أشعة جامـا والتي تختلف باختـلاف العناصـر المشعـة في منطقـة مـا، فإن ذلك يشير إلى وجود معادن معينة يختلف توزيعها باختـلاف توزيـع الصخـور على سطـح الأرض، جدول(٢). يتم تجميع هـذه القياسات وعرضها بعـدة طـرق لتسهيـل تفسـير البينـات، وتحديد المواقع الهامة إشعاعياً، ومن هـذه الطرق مايلي:

● **مجموعات البيانات الإشعاعية**

يتم دمج اليورانيوم، والثوريوم، والبوتاسيوم في خريطـة واحدة بحيث تُمثل قيـم كل عنصر مـن العناصـر الثلاثـة بدرجة من درجـات أحد الألوان الثلاثة: الأزرق، والأخضر، والأحمر لهذه العناصر على التوالي، كما تمثل المحصله النهائية لدرجـات الألوان الثلاثة لون واحد عند كل نقطة مـن نقـط القياس يعبر عـن نسبـة مساهمة كل عنصر من العناصر المشعة في قيمـــة الإشعـــاع الكلي عند هـذه النقطة، وتسمـــى الخريطـــة الناتجـــة من هـذ العملية بالخريطـة المركبة ثلاثيـة الألـوان. يوضح شـكل (٦) ثـلاث خرائـط تمثـل توزيع معطيات كل قناة من قنوات القياس بلون محـدد، بينما تمثـل الخريطـة السفلـى

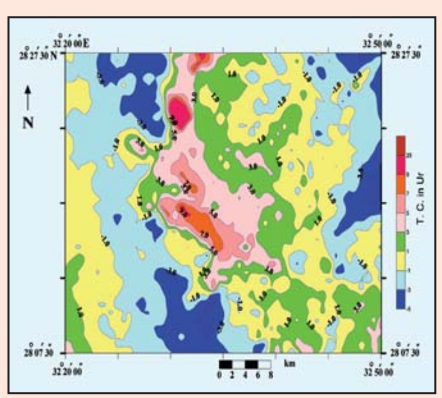


■ شكل (٦) طريقة تفسير المعطيات الإشعاعية للعناصر المشعة لاستنتاج الخريطة الملونة المركبة يمكن مقارنتها بنتائج الاستشعار عن البعد والخرائط الجيولوجية.

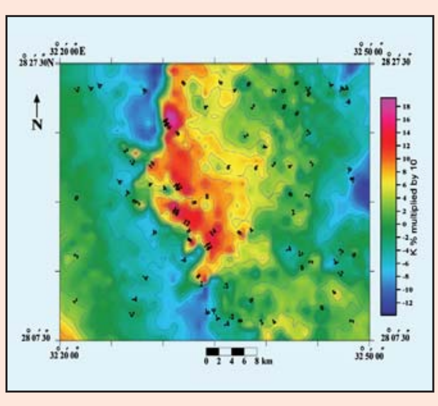
المركبة ثلاثية الألـوان الناتجة من محصلة هذه الخرائط الثلاثة.

- **خرائط كنتورية ملونة**

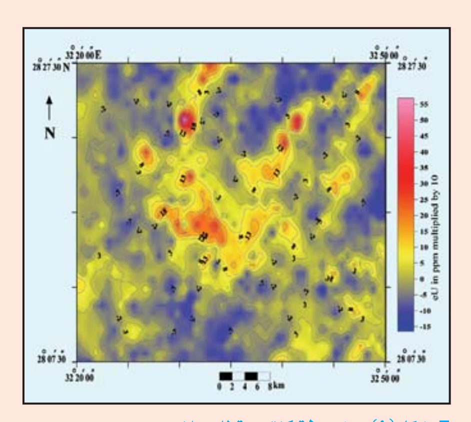
تمثـل ألوان هــذه الخرائط مـدى التغير في مستوى إنتشار كل عنصر من العناصر الإشعاعية الثلاثــة - اليورانيــوم، والثوريــوم، والبوتاسيوم - فضلا عن الخريطـة الكنتوريـة للإشعاع الكلي، ومثـال ذلك توضح الأشـكال (٧-١٠) الخرائط



شكل (٧): خريطة كنتورية للإشعاع الكلي.



شكل (٨) : خريطة كنتورية للبوتاسيوم المشع.



شكل (٩) : خريطة كنتورية لليورانيوم.

شكل (١٠) : خريطة كنتورية للثوريوم.

الاشعاعيــة لمنطقـــة أم رابـــول بالصحـراء الشرقية، مصر.

تطبيقات المسح الإشعاعي

يعـد الاستكشاف الجـوي الإشعاعي الطيفي أحـد الطرق المهمة عالمياً في الاستكشاف المعدني التـي تتكامل مع الطرق الأخرى مثل المغناطيسية الجويـة، حيث تساعد معطيـات المسح الإشعاعي في التعـرف علـى نوعيـات الصخـور والتراكيب الجيولوجيـة مـن خـلال الصفـات الإشعاعيـة المختلفة، فمثلاً يمكن تحويل المؤشرات الإشعاعية المصاحبـة للوحـدات الصخريـة للمناطـق بعد معالجتهـا إحصائيـا وتقسيمهـا وتفسيرهـا، إلى خرائـط جيولوجيـة، تبـين حـدود الوحدات الصخرية والعلاقات التركيبية فيما بينها، فضلاً عن تحديـد المناطق عالية الإشعـاع (الشاذات) التي تحتوي على كميـات ذات أهمية من عناصر اليورانيوم والثوريـوم والبوتاسيوم، والتي تصبح هدفـاً لدراسـة خصائصهـا وتحديـد أولوياتها وعلاقتهـا بالرواسـب المعدنية الأخـرى ودراسة الوجهـات التركيبية المتحكمة فيها . كما أن نتائج هــذه الدراسات تشجع علـى دراسة هذه المناطق جيولوجيـاً ومعملياً لتحديد نسـب المعادن المشعة والمعادن المصاحبة لها. كما تشمل تطبيقات المسح الإشعاعي رسـم الخرائـط الجيوكيميائية التي تساعد في استكشاف خامات المعادن الاقتصادية و رواسب اليورانيوم و الماس.

الجدير بالذكر أن المملكة العربية السعودية اهتمت بالعناصر المشعة منذ فترة طويلة بالتزامن مع أعمال التنقيب عـن المعادن التي غطت جزءاً كبـيراً مـن مساحـات التكوينـات الصخرية في المملكة، حيث سجلت المعطيات الإشعاعية لأكثر من خمسـين ألف كيلو متر طـولي على مساحات خطوط طولية متوازية فـوق مناطق متعددة على هيئـة خرائط كنتوريـة وشـاذات إشعاعية؛ مما ساهـم في تشكيل قاعدة بيانـات أساسية لعملية الاستكشاف الحقلي والمراقبة البيئية.

المراجع

Bristow, Q., 1979, Gamma-ray Spectrometric Methods in Uranium Exploration - Airborne Instrumentaion in Geophysics and Geochemistry in the Search for Mettalic Ores (P.J. Hood, ed.), Geol. Survey of Canada, Economic Geology Report 31, pp 135-146.

Cameron, G.W., Elliott, B.E., and Richardson, K.A., 1976, Effects of Line Spacing on Contoured Airborne Gamma-ray Spectrometry Data; in Exploration fro Uranium Ore Deposits, I.A.E.A., Vienna, pp 81-92.

Darnley, A.G., 1973, Airborne Gamma-ray Survey Techniques - Present and Future; in Uranium Exploration Methods, Proc. Series, I.A.E.A., Vienna, pp 67-108.

Grant, Fraser S., 1982, Gamma Ray Spectrometry for Geological Mapping and for Prospecting, in Mining Geophysics Workshop., Paterson Grant and Watson Limited.

Grasty, R.L. 1977, A General Calibration Procedure for Gamma-ray Spectrometers - Project 720084; in Report of Activities, part C;, Geol. Survey of Canada, Paper 77-1C.

Grasty, R.L. 1979, Gamma Ray Spectrometric Methods in Uranium Exploration - theory and Operational Procedures; in Geophysics and Geochemistry in the Search for Mettalic Ores (P.J. Hood, ed.), Geol. Survey of Canada, Economic Geology Report 31, pp 147-161.

Hansen, D.A., 1980, “Radiometrics”. Ch. 1 in Practical Geophysics for the Exploration Geologist, R. van Blairicom, ed., Northwest Minning Association, Spokane, Wash., U.S.A. , pp1038.

Hogg, Scott R. L., 1977, Evaluation of Some Computer Compilation and Interpretation Techniques; presented at Uranium Exploration Workshop 1977, University of Toronto, Toronto Ont.

Hogg, Scott R. L., 1978, Contouring Radiometric Data: Considerations and New Developments for the Interpreter; presented at Uranium Exploration Workshop 1978, University of Toronto, Toronto, Ont.

Killeen, P.G., Carson, J.M., and Hunter, J.A., 1975, Optimizing Some Parameters for Airborne Gamma-ray Spectrometry; Geoexploration, V.13, pp 1-12.

Saunders, D.F., and Potts, M.J., 1976, Interpretation and Application of High-Sensitivity Airborne Gamma-ray Spectrometry Data; in Exploration for Uranium Ore Deposits, Proc. Series, I.A.E.A., Vienna, pp 81-92 .

تومسون

(رائد بحوث الخلايا الجذعية في العالم)

عالمنا لهذا العدد هو واحد من طليعة العلماء الرواد في بحوث الخلايا الجذعية في العالم، حيث بدأ تلك الأبحاث أثناء دراسته للدكتوراه، ثم واصل العمل في مختبره الخاص في جامعة وسكونسون. وفي عام ١٩٩٨م نجح لأول مرة في الحصول على الخلايا الجذعية "متعددة الأغراض" من الأجنة البشرية؛ مما فتح ذلك المجال لتعميق المعرفة بالنمو الجنيني في البشر وإمكانية الاستفادة من الخلايا الجذعية في علاج الأمراض المعقدة.

- **الاسم :** جيمس ألكساندر تومسون
- **الجنسية :** أمريكي
- **مكان الميلاد :** مدينة أوك بارك بولاية إلينوي، الولايات المتحدة.
- **تاريخ الميلاد :** ١٩٥٨م
- **التعليم**

– بكالوريوس في الفيزياء الحيوية من جامعة إلينوي في شامبين – أوربانا عام ١٩٨١م.

– دكتوراه في الطب البيطري من جامعة بنسلفانيا عام ١٩٨٥م، ودكتوراه في علم الأحياء الجزيئية من معهد وستار في فيلادلفيا عام ١٩٨٨م.

– زمالة لما فوق الدكتوراه مدة عامين (١٩٨٨ – ١٩٩٠م) في مختبر علم الأجنة التجريبي والإخصاب خارج الرحم في مركز ولاية أوريجون الوطني لبحوث المُقدَّمات.

– تخصص في علم أمراض الحيوان في المركز الإقليمي للمُقدَّمات في جامعة وسكونسون في ماديسون.

- **إنجازاته**

– نجح البروفيسور تومسون في الحصول على الخلايا الجذعية "متعددة الأغراض" من الأجنة البشرية؛ مما ساعد في تعميق المعرفة بالنمو الجنيني في البشر، وإمكانية الاستفادة من الخلايا الجذعية في علاج الأمراض المعقدة، مثل: داء السكري، والزهايمر، ومرض باركنسون (الشلل الرعاش).

– نجح بالتعاون مع البروفيسور **شينيا يامنكا** في نوفمبر عام ٢٠٠٧م في ابتداع تقنية فريدة لتحفيز الخلايا البالغة في جلد الإنسان على التحول إلى خلايا نظيرة للخلايا الجذعية المستخرجة من الأجنة، وبهذه الطريقة أصبح ممكناً الحصول على خلايا تقوم مقام الخلايا الجذعية الجنينية، وتماثلها في شكلها وخصائصها ووظائفها بدون الحاجة لاستخدام الأجنة البشرية.

– نُشر للبروفيسور تومسون أكثر من ١٢٧ بحثاً وحصل على ١٤ براءة علمية. أما عدد البحوث الصادرة من مختبره فيتجاوز خمسمئة بحث، وهو مؤسس "الشركة العالمية لديناميكية الخلايا" التي تعمل في إنتاج مشتقات الخلايا الجذعية واستكشاف فوائدها العلاجية.

– تم اختياره من قبل مجلة (Time) واحداً من أفضل ١٨ أمريكياً في الطب والعلوم لعام ٢٠٠١م .

– اختارته مجلة ماديسون "رجل العام" بينما وصفت مجلة (People)، ومجلة (Time)، وصحيفة (USA Today)، وصحيفة (The independent)، إنجازاته ضمن أعظم الإنجازات الطبية لذلك العام.

– صنفته مجلة (Time) عام ٢٠٠٨م في قائمة "المئة شخص الأكثر تأثيراً في العالم".

- **الجوائز**

بالإضافة لعضويته في الأكاديمية الوطنية للعلوم، نال البروفيسور تومسون تقدير المحافل العلمية على ما حققه من إنجازات عظيمة؛ فحصل على العديد من الجوائز، منها:ـ

– جائزة الدرع الذهبي للأكاديمية الأمريكية للإنجاز.

–جائزة قاعة المشاهير للإنجاز العلمي.

– جائزة ولسون ستون للبحوث الطبية الحيوية.

– جائزة لويس بوب العالمية للبحث العلمي.

– جائزة الملك فيصل العالمية في الطب عام ٢٠١١م.

الاستكشاف السيزمي



أ/ هاشم بن ساري المالكي

يعتمد الاستكشاف السيزمي على دراسة سلوك الموجات الصوتية أو ما يعرف بالموجات السيزمية، سواءاً كانت طبيعية كالناتجة عن الزلازل، أم مفتعلة بواسطة الإنسان، وهي من الطرق شائعة الاستخدام في عملية الاستكشاف الجيوفيزيائي الهادف لمعرفة تركيب وخواص طبقات باطن الأرض. تنقسم طرق الاستكشاف السيزمي إلى عدة طرق، يتم اختيار أي منها اعتماداً على الهدف المنشود من الدراسة، وبحسب حدود فاعلية كل طريقة، حيث إن لكل طريقة نقاط قوة، ونقاط ضعف لابد من أخذها في الحسبان عند اختيار الطريقة المناسبة لهدف معين.

احتل الاستكشاف السيزمي المكانة الأولى بالنسبة لطرق استكشاف البترول والغاز منذ استخدامه في أوائل ١٩٢٠م، على الرغم من محدودية فعاليته في تلك الفترة، بينما اعتمدت –كلياً– المحاولات الأولى لتحديد مواقع التراكيب الجيولوجية الحاملة للبترول على التغير في مجال الجاذبية الأرضية، الناتج من الأجسام المدفونة ذات الكثافات الشاذة، كالقباب الملحية وغيرها.

الأساس العلمي للطريقة

يتم في عملية الاستكشاف السيزمي إنتاج أنواع مختلفة من الموجات السيزمية بطرق متعددة، كإسقاط ثقل على سطح الأرض، أو استخدام بعض المواد المتفجرة؛ تنتشر هذه الموجات عبر طبقات باطن الأرض، فتنعكس أو تنكسر عند السطح الفاصل بين طبقتين مختلفتين في الخواص الفيزيائية، ومن ثم تعود إلى سطح الأرض مرة أخرى ليتم رصدها وتسجيل زمن وصولها بواسطة أجهزة تعرف بالمستقبلات أو السماعات الأرضية (Geophones)، شكل (١).

يعتمد الاستكشاف السيزمي على مفهومين علميين هما:

- **الإجهاد (Stress)**: وهو حاصل قسمة تأثير قوة خارجية على مقطع مساحة معينة من جسم، ويتكون في هذه الحالة من مركبتين:

– مركبة عمودية بزاوية قائمة على السطح، وتعرف بالإجهاد الطبيعي.

– مركبة أفقية موازية لسطح الجسم، وتعرف بإجهاد القص.

- **الانفعال (Strain)**: ويعرف بأنه التغير الذي يطرأ على الجسم الواقع تحت تأثير تلك القوة.

ووفقاً لقانون **هوك**، فإن العلاقة طردية بين الإجهاد والانفعال، حيث يتسم الجسم بالمرونة حتى يصل إلى نقطة معينة تسمى النقطة اللدنة، وقبل وصوله إلى هذه النقطة، فإنه يمكنه أن يعود إلى حجمه وشكله الأصلي بعد إزالة تأثير القوة عنه. أما بعد هذه النقطة فإن الجسم سيكتسب صفات الأجسام اللدنة، ويكون عرضة للانكسار والتلف المستديم، وفي هذه الحالة لا ينطبق عليه قانون هوك، شكل (٢)، ولذلك يجب أن يكون مقدار الإجهاد والانفعال في حال الاستكشاف السيزمي ضمن نطاق خواص الأجسام المرنة.

المستقبل، المصدر، السطح، الموجة المنعكسة، I_1، السطح البيني، V_1، الأفق، الموجة المنكسرة، I_2، V_2

■ شكل (١) إنعكاس وإنكسار الموجات عند السطح الفاصل.

الأجسام اللدنة، نقطة التشقق، الأجسام المرنة، الإجهاد، نقطة التحول، الإنفعال

■ شكل (٢) علاقة الإجهاد والانفعال بالموجات السيزمية.

أنواع الاستكشاف السيزمي

ينقسم الاستكشاف السيزمي إلى عدة طرق من أهمها وأكثرها انتشاراً، نوعين، هما:

● **الانكسار السيزمي**

أدخلت طريقة الانكسار السيزمي إلى الشرق الأوسط بواسطة شركة دوارس للاستكشاف، ثم تحولت بعد ذلك إلى شركة الزيت البريطانية (British Petroleum Company)، وقد

أظهرت هذه الطريقة بعد تجربتها في إيران أنها ذات فعالية عالية لإيجاد تركيبات الحجر الجيري الواسعة والحاملة للبترول، وقد استمر استخدامها بنجاح لعشرين عاماً.

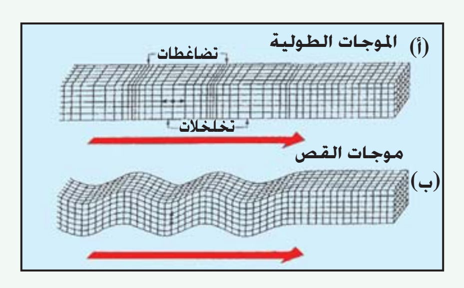
● **الانعكاس السيزمي**

جربت طريقة الانعكاس السيزمي لأول مرة عام ١٩٢١م، بواسطة العالم ج. ك. **كارشر (J.C. karcher)** لاختبار إمكانية استخدامها في استكشاف البترول، حيث قام **كارشر** برسم خريطة لطبقة عاكسة غير عميقة في وسط أوكلاهوما، وفي العيد الخمسين لهذا الحدث في أبريل ١٩٧١م أقيم له نصب تذكاري في نفس المكان الذي تمت فيه التجارب تخليداً لذلك. بدأ اعتماد طريقة الانعكاس السيزمي في العمل الروتيني للاستكشاف منذ عام ١٩٢٧م، وفي تلك السنة استخدمت مؤسسة البحث الجيوفيزيائية هذه الطريقة لاكتشاف حقل ماود (Maud) في أوكلاهوما، وفي أوائل ١٩٣٠م أصبح الانعكاس السيزمي أكثر الطرق الجيوفيزيائية استعمالا لاستكشاف البترول، وظل كذلك حتى وقتنا الحالي. ويمكن توظيف هذه التقنيات للمساعدة في فهم أفضل لخصائص وتراكيب باطن الأرض لأغراض حيوية أخرى مهمة لسلامة الإنسان والبيئة التي يعيش فيها.

أقسام الموجات السيزمية

قام علماء الزلازل - قبل اكتشاف الطرق السيزمية بعدة عقود - بإجراء دراسات لخواص الموجات المنتشرة عبر طبقات الأرض، ورغم الاختلاف في الأطوال الموجية والمسافات المتضمنة والتي تكون أكبر بكثير في موجات الزلازل الطبيعية عن تلك المولدة في الاستكشاف السيزمي المفتعلة بواسطة الإنسان، إلا أن كلا النوعين يمكن وصفه بواسطة نفس القوانين الفيزيائية الخاصة بانتشار الموجات.

تتسم جميع الانفعالات المصاحبة لمرور نبضة الموجة السيزمية بصفات المرونة ماعدا الوسط المحيط لمصدر تلك النبضة. يحدد انتشار هذه النبضات السيزمية في وسط ما بواسطة معاملات المرونة وكثافة هذا الوسط؛ وبناءً على ما سبق يمكن تقسيم الموجات السيزمية إلى مجموعتين:



■ شكل (٣) التشوهات المرنة وحركة جزيئات المادة المرتبطة.

● **موجات الجسم**

تتكون موجات الجسم من نوعين، هما:

■ **الموجات الطولية**: وفيها تكون حركة جزيئات المادة في نفس اتجاه حركة انتشار الموجات على هيئة سلسلة من التضاغطات والتخلخلات، شكل (٣-أ).

■ **موجات القص**: وفيها تكون حركة جزيئات المادة عمودية على اتجاه حركة انتشار الموجات، شكل (٣-ب).

● **الموجات السطحية**

تنقسم الموجات السطحية إلى نوعين، هما:

■ **موجات رالي**: وتنسب إلى مكتشفها العالم رالي (Rayleigh)، وفيها تنتشر الموجات في مسار موازٍ لسطح الأرض، حيث تتناقص سعتها بشكل تدريجي مع العمق. تأخذ حركة جزيئات الوسط مسار اهليجي في الاتجاه العمودي بالنسبة لسطح الأرض.

■ **موجات لوف**: وتنسب إلى مكتشفها العالم لوف (Love)، وفيها تكون حركة جزيئات المادة عمودية على اتجاه حركة انتشار الموجات ولكن بشكل موازٍ لسطح الأرض.

سلوك الموجات السيزمية

عندما تلامس الموجات السيزمية خلال رحلتها عبر طبقات باطن الأرض السطح الفاصل بين طبقتين مختلفتين في السرعة أو الكثافة؛ فإنه ينتج عن ذلك موجات منعكسة، وموجات منكسرة ذات صفات طولية أو عرضية، ويكون مجموع طاقتها مساوياً لطاقة الموجة الأصلية.

تتبع عملية الاستكشاف السيزمي للموجات الطولية (بنوعيها المنكسرة أو المنعكسة) قوانين البصريات، بحيث تسمح تلك القوانين بربط الأزمنة للموجات المسجلة إلى العمق، وبالتالي رسم شكل الأسطح الفاصلة التي انعكست أو انكسرت عليها؛ ولذلك يمكن تطبيق قانون **سنل** (Snell) لتتبع مسار رحلة الموجات السيزمية، الذي يعزو تكون زوايا السقوط والانكسار إلى اختلاف سرعة انتشار الموجات في كل من الوسطين.

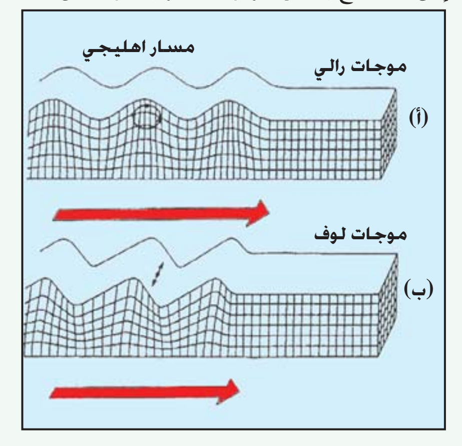
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\sin i_1}{\sin i_2}$$

حيث i_1 زاوية السقوط ، i_2 زاوية الانكسار.

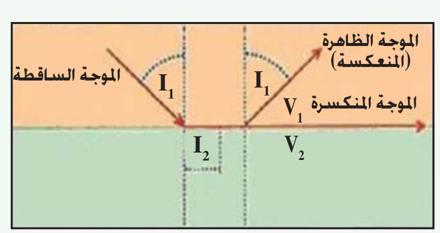
V_1 سرعة انتشار الموجات في الوسط الأول،

V_2 سرعة انتشار الموجات في الوسط الثاني.

عندما تصل زاوية السقوط إلى مقدار معين (الزاوية الحرجة) في وسط تكون فيه سرعة انتشار الموجات في الطبقة الأولى أقل من سرعتها في الطبقة الثانية، فإن الموجات لا تنتقل في الطبقة الثانية بصورة طبيعية، وإنما تتعرض لضعف في الطاقة تتزايد مع العمق حتى تتلاشى طاقتها؛ ولذا فإن الموجة تنتشر - بعد ذلك - على طول السطح الفاصل بسرعة تساوي سرعة انتشارها في الطبقة الثانية قبل الرجوع إلى السطح بنفس الزاوية الحرجة، وتسمى هذه



■ شكل (٤) التشوهات المرنة وحركة جزيئات المادة المرتبطة بمرور موجات رالي (أ) وموجات لوف (ب).



■ شكل (٥) زاوية السقوط وزاوية الانكسار.

الظاهرة بالانكسار. أما إذا كانت سرعة الانتشار في الطبقة الثانية أقل منها في الطبقة الأولى، فإن الانكسار سيكون في اتجاه السطح الفاصل.

إذا كان (Sin i) يساوي (V1/V2)، فإن الشعاع المنكسر سوف يصبح موازياً للسطح الفاصل، ولكن سيرتد بعض من طاقته إلى السطح على هيئة "رأس موجة" (Head wave)، تتباعد عن السطح الفاصل بزاوية تكافئ الزاوية الأصلية للسقوط، وعند زوايا سقوط أكبر فقد لا يكون هناك شعاع منكسر على الإطلاق؛ إذا تنعكس كامل الطاقة، وتسمى هذه الظاهرة بالانعكاس.

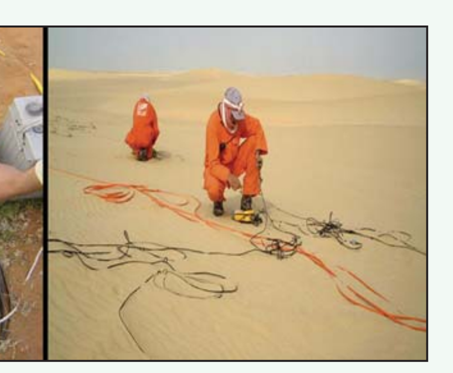
طرق القياس والتسجيل

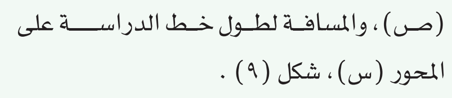
يتكون نظام جمع البيانات السيزمية من:

- **إنتاج الموجات السيزمية**

تتنوع الأجهزة والطرق المستخدمة في توليد الموجات السيزمية بحسب عمق الهدف المنشود من الدراسة والبيئة المحيطة بموقع الدراسة، فعلى سبيل المثال تستخدم المركبة الهزازة (Vibroseis)، شكل (٦- أ) في حالة الأهداف العميقة والتي يصل عمقها إلى عدة كيلومترات، بينما يستخدم جهاز إسقاط الوزن، شكل (٦-ب) للأهداف القريبة من سطح الأرض.

هناك مؤثرات أخرى تؤثر على الموجات السيزمية الصادرة عن أجهزة القياس السيزمي: كدرجة تماسك التربة في موقع الدراسة، وطول خط المسح، ونطاق التردد المطلوب لتحقيق هدف الدراسة.



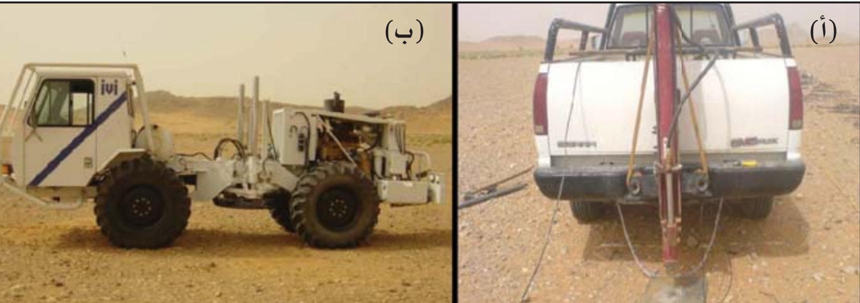


■ شكل (٧) نظام جمع البيانات السيزمية.

يتكون نظام جمع البيانات السيزمية من مجموعة من السماعات الأرضية (المستقبلات) شكل (٧)، والتي يتم توزيعها على سطح الأرض بطرق مختلفة، بحسب الهدف من الدراسة، لرصد الموجات السيزمية المنعكسة والمنكسرة من الأسطح الفاصلة لطبقات باطن الأرض. تتكون وحدة المستقبلات من كتلة حرة الحركة مثبتة بزنبرك باتجاه معين محمي من الخارج بغلاف صلب منتهي بوتد لتثبيته بسطح الأرض. عند وصول الموجة المنعكسة أو المنكسرة إلى سطح الأرض تتحرك كتلة المستقبل، حيث يتم التعبير عن هذه الطاقة الحركية - عن طريق الدائرة الكهربائية - بنبضات كهربائية، يتم تجميعها وتسجيلها في وحدات تسمى السيزموجراف.

الجدير بالذكر أنه في أي دراسة سيزمية لابد من معرفة الزمن الذي انطلقت فيه الموجة من المصدر - لحظة انطلاقها - إلى لحظة وصولها إلى المستقبل، شكل (٨).

يمثل الناتج من عملية التسجيل السيزمي مقطعاً يوضح التسجيلات السيزمية لمجموعة المستقبلات بالنسبة للزمن في المحور (ص)، والمسافة لطول خط الدراسة على المحور (س)، شكل (٩).



■ شكل (٦) إنتاج الموجات السيزمية (أ) بواسطة المركبة الهزازة، (ب) بواسطة جهاز اسقاط الوزن.

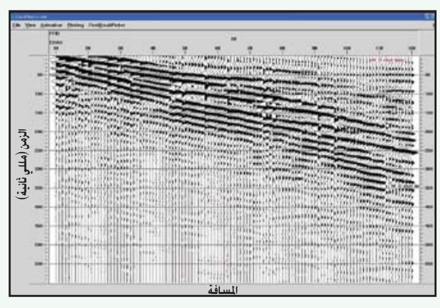
معالجة البيانات السيزمية

أدى التقدم التقني الكبير الذي شهدته الحاسبات الآلية العملاقة والبرامج الحاسوبية، إلى تطور معالجة البيانات السيزمية، وعملية الاستكشاف السيزمي بشكل عام، حيث سهلت معالجة الكميات الضخمة من البيانات السيزمية الناتجة من عملية استكشاف البترول والغاز.

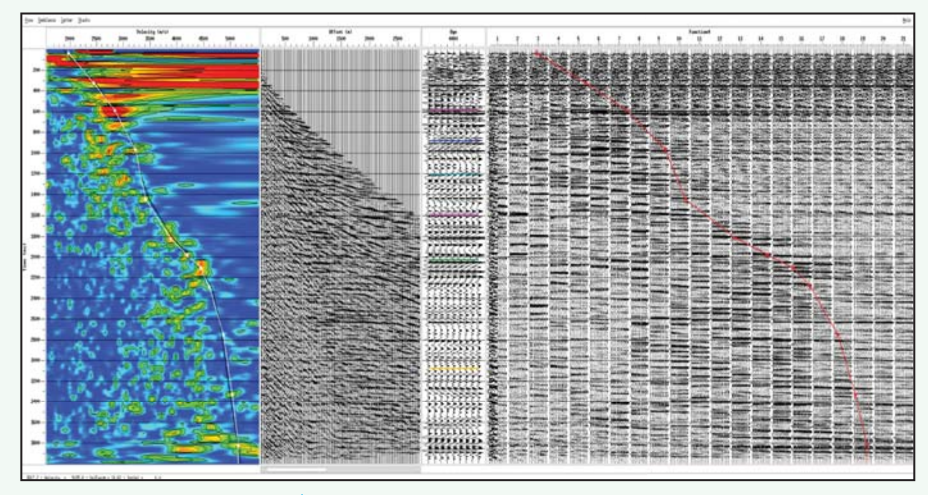
تهدف عمليات المعالجة للبيانات السيزمية إلى تحويل البيانات المسجلة في الحقل إلى صورة يسهل معها إجراء التفسيرات الجيولوجية، واستقصاء الخصائص الفيزيائية لطبقات باطن الأرض، ويتم ذلك من خلال عملية تحسينها وتقليل الضوضاء، وهذا يمثل أحد مراحل التحليل



■ شكل (٨) زمن الموجة من لحظة انطلاقها إلى وصولها إلى المستقبل.



■ شكل (٩) يوضح التسجيلات السيزمية لمجموعة المستقبلات


شكل (١٠) تحليل بيانات الانعكاس السيزمي لتحديد سرعة الموجات السيزمية في طبقات الأرض.

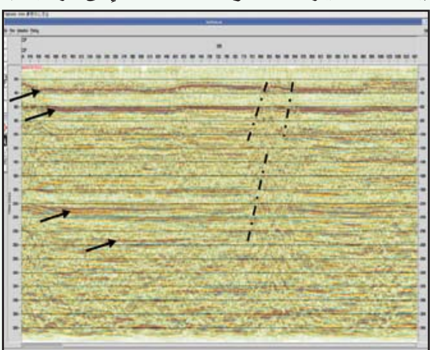
المهمة لبيانات الانعكاس السيزمي الهادفة إلى تحديد سرعة الموجات في الطبقات المختلفة المكونة لباطن الأرض، شكل (١٠).

تطبيقات الاستكشاف السيزمي

تستخدم تقنية الاستكشاف السيزمي في العديد من التطبيقات، من أهمها ما يلي:

- **استكشاف البترول والغاز**

يتم استخدام تقنيات الانعكاس السيزمي لإيجاد صورة لباطن الأرض توضح التراكيب الجيولوجية الدالة على أماكن تواجد البترول والغاز، والمعروفة بالمصائد كالقباب الملحية والصدوع والطيات. يوضح الشكل (١١) مقطعاً جانبياً لطبقات باطن الأرض بعمق أربعة كيلومترات وطول ٢٠كيلومتر تقريباً. تشير الأسهم إلى السطح الفاصل بين طبقات الأرض، بينما تشير الخطوط المتقطعة إلى تراكيب جيولوجية تدل على أماكن قد تكون مكامن محتملة للبترول.

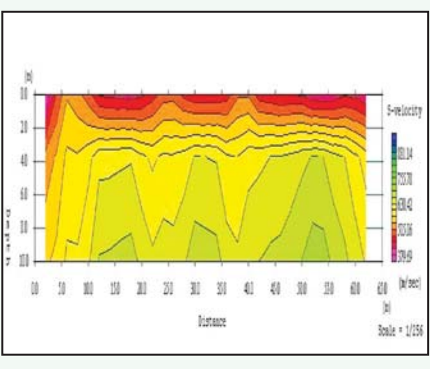

شكل (١١) صورة لباطن الأرض توضح التراكيب الدالة على وجود البترول والغاز.

- **استكشاف المناجم وتقييمها**

يتم تطبيق المسح السيزمي بتقنية الانكسار أو الانعكاس لتحديد عمق وأبعاد الطبقات تحت السطحية الحاوية على خامات اقتصادية مهمة، ويعد هذا النوع من المسوحات ضرورياً لدراسة الجدوى الاقتصادية في حالة مشاريع المناجم.

- **مصادر المياه الجوفية**

يتم تطبيق طريقة الاستكشاف السيزمي باستخدام تقنية الانكسار أو الانعكاس السيزمي لتصوير عمق وأبعاد الطبقة الحاملة للمياه في المتكونات الجيولوجية، بالإضافة إلى تحديد التراكيب الجيولوجية المؤثرة على مخزون المياه لهذه الطبقات كنطاقات الصدوع والشقوق. ظهرت حديثاً أبحاث واعدة لاستنباط درجة المسامية والنفاذية باستخدام تقنية تحليل السرعات السيزمية للطبقات تحت السطحية لتقييم الوضع المائي لتلك الطبقات.


شكل (١٢) يوضح نتائج التحليل لبيانات الموجات السطحية.

- **سلامة المباني والمنشآت**

تتيح عملية تحليل سرعات الموجات السيزمية إمكانية حساب المعاملات الجيوتقنية، والتي تلعب دوراً أساسياً في تقييم ملائمة المواقع لإقامة المباني والمنشآت، حيث يتم أخذ هذه المعاملات بالحسبان في مرحلة التصميم الهندسي. يمثل شكل (١٢) إحدى نتائج التحليل لبيانات الموجات السطحية لدراسة تهدف إلى تحديد مقدار صلابة الطبقات القريبة من سطح الأرض ومدى ملائمة الموقع لإغراض إقامة المباني والمنشآت. يعكس التدرج في الألوان قيمة سرعة موجات القص كما هو موضح في مقياس الرسم المدرج، تعد سرعة موجة القص مؤشر مهم لابد من أخذه في الحسبان في مرحلة إعداد المخططات الهندسية، حيث تشير قيمة السرعات العالية لموجات القص إلى مناطق متماسكة وذات صلابة عالية مقارنة بالمناطق ذات السرعات المنخفضة والتي تشير إلى المناطق الأقل صلابة.

- **استقرار وتماسك التربة**

يمكن بواسطة تطبيق عملية تحليل السرعات للموجات السيزمية تحديد الخواص الفيزيائية للتربة، وتقييم درجة خطر انزلاق التربة.

- **الدراسات البيئية**

تستخدم تقنيات الاستكشاف السيزمي كأحد الطرق الفاعلة في تقييم والحد من العديد من الأخطار المؤثرة سلباً على البيئة، فعلى سبيل المثال: يمكن استخدام الطرق السيزمية لإيجاد سمك وعمق طبقات باطن الأرض والخواص الفيزيائية لهذه الطبقات، وعلى ضوء هذه النتائج يتم تحديد المواقع ذات الصفات الفيزيائية المانعة لاختلاط المواد الضارة مع البيئة المحيطة، بحيث تكون ملائمة لردم النفايات بعيداً عن طبقات المياه الجوفية.

- **سماكة القشرة الأرضية**

يمكن عن طريق رصد الموجات السيزمية الناتجة عن الزلازل المنعكسة أو المنكسرة من السطح الفاصل بين القشرة الأرضية والوشاح تحديد سمك القشرة الأرضية، الجدير بالذكر أن الدراسات السيزمية المعتمدة على الموجات السيزمية الناتجة عن الزلازل الطبيعية كان لها الدور الأبرز في معرفة التركيب الداخلي للكرة الأرضية.

تقنية الرادار الأرضي

د. عبداللطيف بن عبدالرحمن الشهيل



بالرغم من أن أول استخدام للرادار الأرضي كان في عام ١٩٢٩م، عندما حاول ستيرن قياس سماكة جبل ثلجي في النمسا، إلا أن هذه التقنية لم تكتسب أهميتها إلا في الحرب العالمية الثانية عندما فشل رادار بعض الطائرات الحربية في تحديد سطح الجليد على منطقة جرينلند؛ مما تسبب في تحطم الطائرات وهلاك جميع من عليها، وبعد التحقيق اتضح أن موجات الرادار تخترق الجليد؛ مما سبب خطأً في تحديد ارتفاع سطح الجليد، وأدى إلى الكارثة. منذ ذلك الحين بدأ التفكير فعلياً في استخدام هذه التقنية لاستكشاف الطبقات السطحية، وقد شهدت الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي تطوراً واسعاً في استخدام هذه التقنية في شتى المجالات، مثل: استكشاف المناطق الجليدية، والمياه الجوفية، وحتى استكشاف سطح القمر.

تستخدم تقنية الرادار الأرضي الموجات الكهرومغناطيسية في التردد ما بين الميجا (10^6) والجيجا (10^9) هرتز لاستكشاف الطبقات السطحية عبر تسجيل التغيرات في الخواص الكهربائية والمغناطيسية في هذه الطبقات، وتعد هذه التقنية أدق طريقة لاستكشاف الطبقات السطحية، حيث يمكن أن تصل دقتها – في الصخور– إلى المليمترات، كما يمكن أن يصل عمق اختراقها – في الصخور أيضا– إلى عشرات الأمتار؛ ويعتمد وضوح صورة الطبقات السطحية التي توفرها هذه التقنية على درجة الاختلاف في الخواص الكهرومغناطيسية للمواد والتراكيب الموجودة في هذه الطبقات.



■ شكل (١) نظام رادار أرضي متكامل.

الأساس العلمي للطريقة

تتلخص تقنية الرادار الأرضي في استخدام هوائي مرسل (Tansmitter antenna) لإرسال موجات كهرومغناطيسية ذات تردد معين إلى الأرض، فتقوم المواد الأرضية المختلفة بامتصاص جزء من طاقة هذه الموجات وعكس ما تبقى إلى السطح، حيث يتم التقاطها بواسطة هوائي مستقبل (Receiver antenna) ومن ثم تسجيلها وحفظها بواسطة وحدة التحكم (Control unit) من أجل معالجتها (Processing) وتفسيرها (Interpretation) لاحقاً، شكل (١). ويمكن تلخيص العوامل المهمة في هذه التقنية كما يلي:

● **عمق الاختراق**

يعرف عمق الاختراق (Depth of Penetration, d) بأنه المسافة اللازمة لكي تضعف طاقة الموجة المرسلة إلى ٣٧٪ من قيمتها الأصلية (عند الهوائي المرسل). يتم حساب عمق الاختراق –عموما– بواسطة معادلة معقدة تعتمد على تردد الموجة (Frequency, f)، وثابت العزل الكهربائي (Dielectric constant, k)، والموصلية الكهربائية (Electric conductivity, s) للمواد

الأرضيـة التي تنتشر فيهـا الموجة. يمكن تبسيط هـذه المعادلة في المـواد ذات الموصلية الكهربائية الضعيفة إلى الصورة التالية: $d = \frac{25V}{f}$

حيث:

V: سـرعة الموجـة (بوحدة متر / نانوثانية).

f : تردد الموجة بوحدة الهرتز.

d : عمق الاختراق بالأمتار (m).

● **الدقة**

تعـرف الدقـة (Resolution, r) بأنهـا أصغر مسافـة لازمة للتمييز بين المـواد الأرضية المتجـاورة؛ و يمكـن حسابهـا من سرعـة الموجة وترددها كما يلي: $r = \frac{V}{4f}$

● **سرعة الموجة**

تعرف سرعـة الموجـة (Velocity, V) بأنها سرعـة سريـان الموجـة في مـادة مـا؛ ورغـم أن السرعـة تحسـب –عمومـا– من خـلال معادلة معقـدة تعتمد على تـردد الموجـة ، وثابت العزل الكهربائي والموصلية الكهربائية للمواد الأرضية التـي تسري خلالهـا الموجة؛ إلا أن هـذه المعادلة يمكن تبسيطها في المواد ذات الموصلية الكهربائية الضعيفة إلى الصورة التالية: $V = \frac{0.3}{\sqrt{K}}$

حيث تكون وحدة قياس السرعة (m/ns).

يوضـح جـدول (١) قائمـة بسرعـة الموجـة، والموصلية الكهربائية، وثابت العزل الكهربائي وعمق الاختراق في بعض المواد و الصخور. ويتضح من هذا الجدول أن سرعة الموجة وعمق الاختراق ينقصان مع زيادة ثابت العـزل في المادة، مما يفسر نقص كفاءة هذه التقنية في الصخور والتُرَب المشبعة بالماء.

ومـن الجديـــر بالذكـــر أن الموجـات الكهرومغناطيسيـة لا تسـري تقريبـاً في المـواد الموصلة للكهرباء مما يفسر عدم جدوى استخدام هذه التقنية في الصخور والتُرَب الموصلة للكهرباء كالصلصال، و المشبعة بالماء المالح.

جمع معلومات الرادار الأرضي

هنـاك طرق كثـيرة لجمع معلومـات الرادار الأرضي، ومن أشهرها:

المادة	ثابت العزل الكهربي (K)	الموصلية الكهربية (S - mS/m)	سرعة الموجة (V - m/ns)	عمق الاختراق (d - m)
هواء	١	٠	٠,٣٠	∞
ماء مقطر	٨٠	٠,٠١	٠,٠٣٣	٥,٠٠٠
ماء عذب	٨٠	٠,٥	٠,٠٣٣	١٠٠
ماء بحر	٨٠	٥,٠٠٠	٠,٠٢	٠,٠١
رمل جاف	٣ – ٥	٠,٠١	٠,١٥	١,٠٠٠
رمل مشبع بالماء	٢٠ – ٣٠	٠,١ – ١,٠	٠,٠٦	٣٠ – ٣٠٠
صخر جيري	٤ – ٨	٠,٥ – ٢	٠,١٢	٥ – ٢٠
طفل صفحي	٥ – ١٥	١ – ١٠٠	٠,٠٩	١ – ١٠
غرين	٥ – ٣٠	١ – ١٠٠	٠,٠٧	١ – ١٠
طين	٥ – ٤٠	٢ – ١٠٠٠	٠,٠٥	٠,١ – ١٠
جرانيت	٤ – ٦	٠,٠١ – ١	٠,١٣	١٠ – ١,٠٠٠
ملح جاف	٥ – ٦	٠,٠١ – ١	٠,١٣	١٠ – ١,٠٠٠
ثلج	٣ – ٤	٠,٠١	٠,١٦	١,٠٠٠

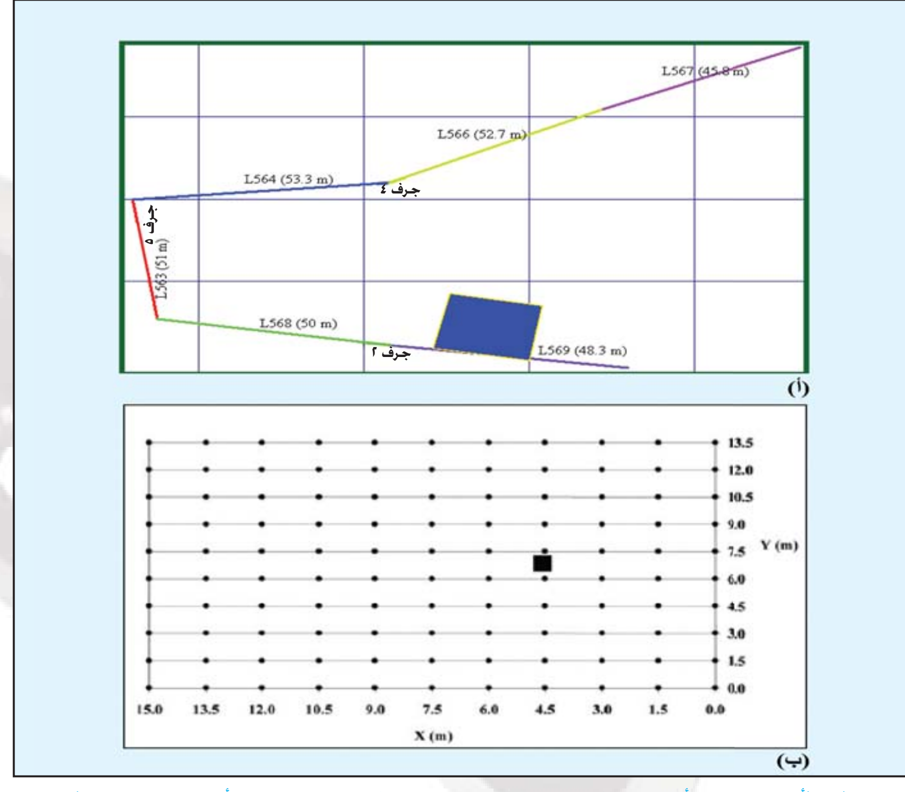
■ جدول (١) ثابت العزل الكهربائي، والموصلية الكهربائية، وسرعة الموجة، وعمق الاختراق في بعض المواد الأرضية (Annan, 2001).

● **طريقة ثنائية الأبعاد**

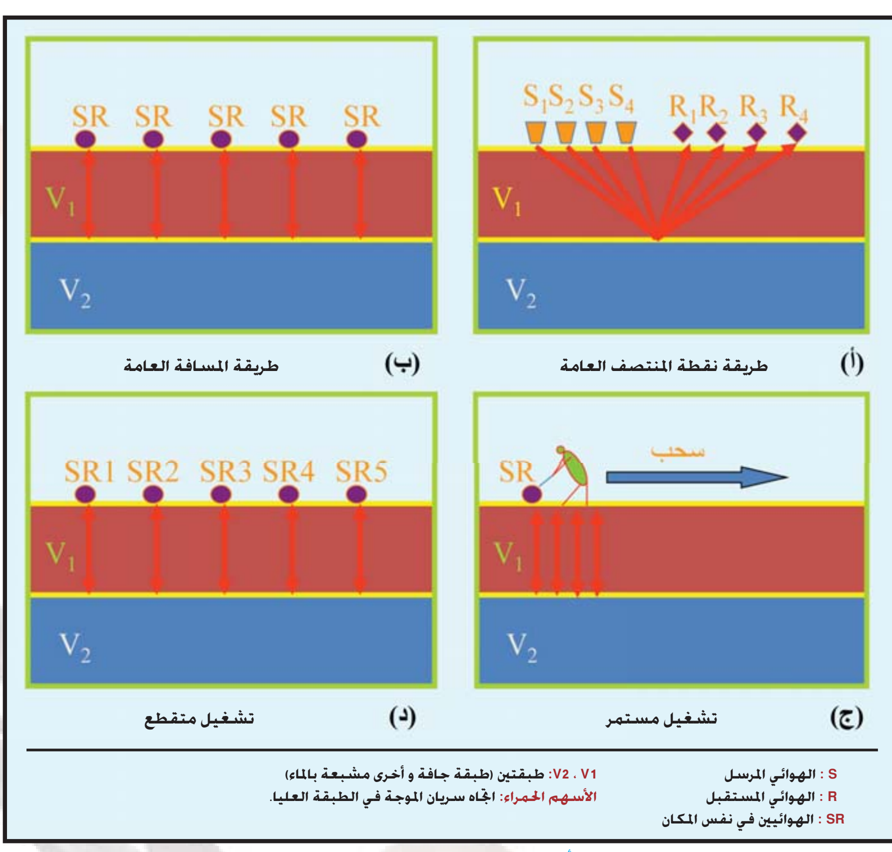
يتـم في طريقـة ثنائيـة الأبعـــاد (2-D) جمـــع المعلومـات على خطوط قليلـة متباعدة؛ وهي سريعة ومناسبة لأخذ فكرة عامة عن الموقع كمـا أنها مناسبـة أيضاً لتحديـد مواقع الأنابيب المدفونة تحت الأرض، شكل (٢–أ).

● **طريقة ثلاثية الأبعاد**

يتـم في طريقـة ثلاثيـة الأبعـــاد (3-D) جمع المعلومات على خطوط كثيرة متوازية ومتقاربة؛ وعلى الرغـم من بطء هذه الطريقة، إلا أنها تعطي صـورة مفصلـة عمـا تحت السطح، شكل(٢–ب).



■ شكل (٢): (أ) مسح ثنائي الأبعاد في منطقة القصيم حيث يشير لون الخطوط إلى مسار الـرادار أثناء جمع المعلومات. (ب) مسح ثلاثي الأبعاد في المنطقة الشرقية حيث يشير كل خط أفقي إلى مسار الرادار أثناء جمع المعلومات (Al-Shuhail, 2006).



■ شكل (٣) طرق جمع المعلومات و تشغيل الرادار الأرضي المختلفة.

طرق ترتيب هوائيي الرادار

يمكن ترتيب هوائيي الرادار بالطريقتين التاليتين:

- **طريقة نقطة المنتصف العامة**

تتم طريقة نقطة المنتصف العامة (Common midpoint) بمباعدة الهوائيين (المرسل والمستقبل) على مسافات محددة من نقطة منتصف عامة والتسجيل عند هذه المسافات فقط، وتستخدم هذه الطريقة عادة لتحليل سرعة الموجة في الطبقات الأرضية شكل (٣-أ).

- **المسافة العامة**

يجب أن تكون المسافة بين الهوائيين في طريقة المسافة العامة (Common-offset) صفر تقريباً، وذلك بوضعهما في صندوق واحد، وتتميز هذه الطريقة بأنها الأكثر شيوعا، وذلك لسرعتها ومناسبتها لأكثر الأغراض شكل (٣-ب).

طرق تشغيل الرادار الأرضي

يمكن تشغيل الرادار الأرضي بإحدى طريقتين:

- **التشغيل المستمر**

يتم في طريقة التشغيل المستمر (Continuous working) جمع المعلومات أثناء تحريك الجهاز وهو في حالة التشغيل. تمتاز هذه الطريقة بسرعتها، ولكن من عيوبها عدم الدقة في تحديد مواقع الأهداف تحت سطح الأرض شكل (٣-ج).

- **التشغيل المتقطع**

يتم في طريقة التشغيل المتقطع (Discrete working) جمع المعلومات في أماكن محددة فقط، ولكنها تكون كثيرة جدا، وتمتاز هذه الطريقة بدقتها العالية في تحديد مواقع الأهداف تحت سطح الأرض، إلا أنها بطيئة للغاية، شكل (٣-د). يوضح الشكل (٤) صوراً لأجهزة رادار أرضية تستخدم بطرق وأغراض مختلفة أيضاً.



■ شكل (٤) أجهزة رادار أرضية ذات أشكال و أحجام مختلفة.

معالجة معلومات الرادار الأرضي

يوجد عدة عمليات لمعالجة معلومات الرادار الأرضي، شكل (٥-أ)، إلا أن أهمها ما يلي:

- **تصحيح موقع زمن الصفر**

يتم تصحيح موقع زمن الصفر (Correction T٠) بإزالة الجزء الأعلى من السجل الراداري (Trace)، بغرض وضع انعكاس سطح الأرض عند بداية السجل؛ مما يسهل تحويل المحور العمودي من الزمن إلى العمق شكل (٥-ب).

- **إزالة الخلفية**

يتم التخلص من تشويش (Ringing) الجهاز بإزالة الخلفية (Background removal) التي تكون عادة على شكل خطوط أفقية في السجلات الرادارية شكل (٥-ج)، وذلك عن طريق حساب وطرح معدل (mean) جميع السجلات الرادارية من كل سجل راداري.

- **تقوية سعة الموجة**

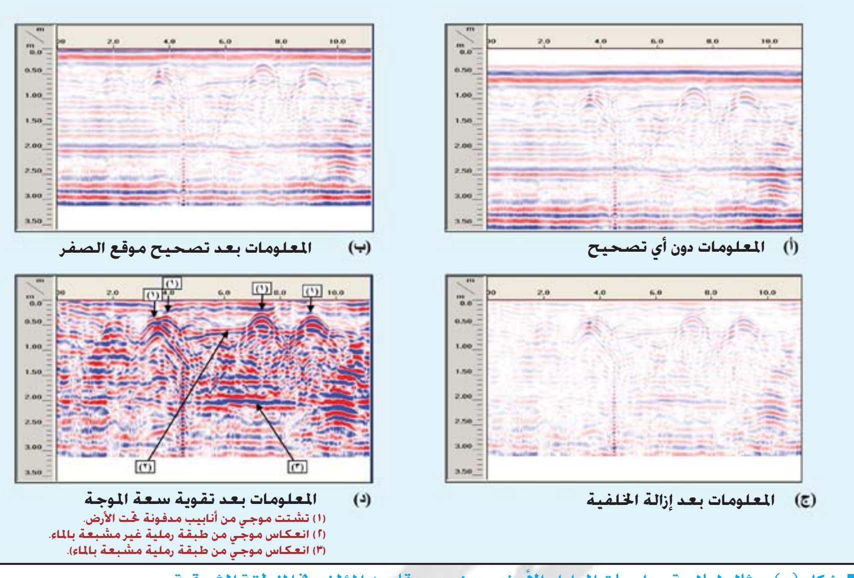
تتم معالجة معلومات الرادار الأرضي عن طريق تقوية سعة الموجة (Amplitude gain) التي تضعف عادة مع زيادة مسافة (أو زمن) سريان الموجة شكل (٥-د).

تفسير معلومات الرادار الأرضي

يقصد بتفسير معلومات الرادار الأرضي بناء تصور عن طبيعة وأماكن المواد الموجودة تحت سطح الأرض؛ ورغم أنه لا توجد طريقة محددة لهذه العملية إلا أنه يمكن ذكر العمليات التالية:

١- اختيار (Picking) موقع وزمن الأحداث (Events) المهمة في السجلات الرادارية كالانعكاس من سطح المياه الجوفية مثلاً.

٢- حساب سرعة الموجة في الطبقات.



■ شكل (٥) مثال لمعالجة معلومات الرادار الأرضي من مسح قام به المؤلف في المنطقة الشرقية.

٣- تحويل المحور العمودي من زمن إلى عمق باستخدام سرعة الموجة المحسوبة في الخطوة السابقة.

٤- بناء نموذج لما تحت سطح الأرض.

٥- مقارنة النموذج مع المعلومات المباشرة المتوفرة عن الموقع كالصور و معلومات الآبار.

يوضح الشكل (٦) خطوات تفسير معلومات الرادار الأرضي. يوضح شكل (٦-أ) تحليل سرعة الموجة في الطبقات حيث يبين الشكل العلوي منه معلومات تم جمعها بطريقة نقطة المنتصف العامة، بينما يري الشكل السفلي سرعة الموجة (باللون الأحمر) عند الأزمان المختلفة ، أما الشكل (٦-ب)فيوضح مقارنة النموذج (الشكل الأيمن) مع صورة فوتوغرافية لجرف صخري.

تطبيقات الرادار الأرضي

إن استخدامات الرادار الأرضي تكاد لا تحصر، فهي تدخل في حل بعض المشاكل الهندسية، والبيئية، والزراعية، والجنائية وغيرها. وفيما يلي استعراض لمجموعة من الأمثلة التي تم فيها استخدام تقنية الرادار الأرضي لحل بعض المشاكل المتعلقة باستكشاف الثروات الطبيعية.

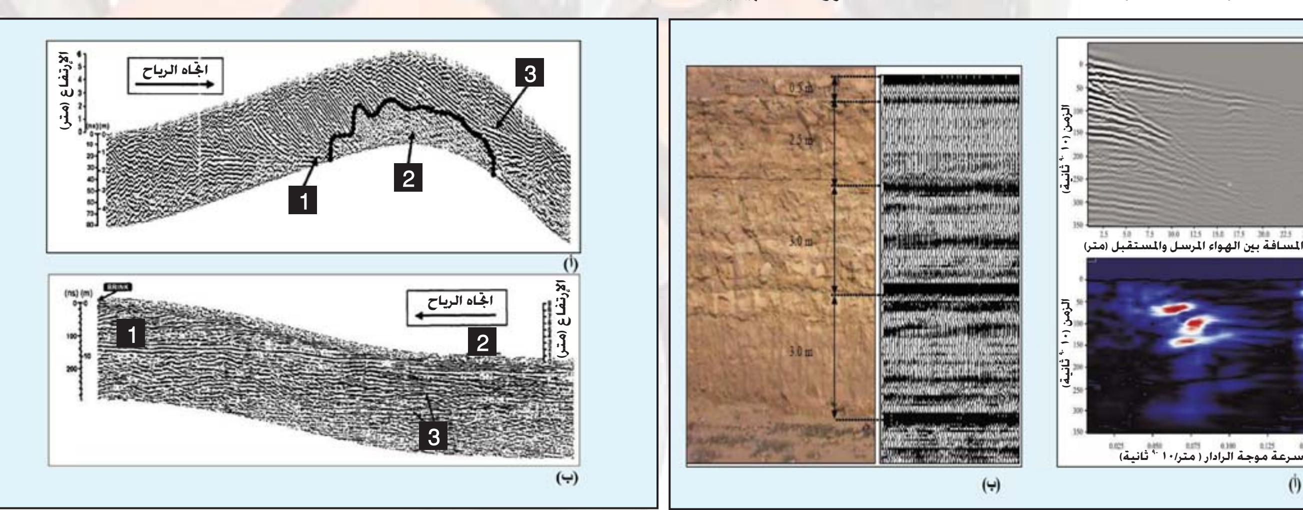
● استكشاف المياه الجوفية

تم استعمال الرادار الأرضي كثيراً في الكشف عن مواقع المياه الجوفية في الطبقات السطحية كالكثبان الرملية؛ ويوضح الشكل (٧) مثالاً لدراسة أجريت في المملكة العربية السعودية وأستراليا (Harari, 1996)، ففي الشكل (٧-أ) صورة رادارية (radargram) توضح ما بداخل كثيب رملي في صحراء الجافورة بشرق المملكة العربية السعودية، وقد تم تفسير المنطقة المشار إليها بالرقم (٢) على أساس أن ضعف الموجه بالمنطقة يشير إلى وجود مياه جوفية مخزونة في لب الكثيب. أما الشكل (٧-ب) فيمثل معلومات رادار أرضي على كثيب رملي في أستراليا حيث يشير الانعكاس الأفقي المشار إليه بالرقم(١) إلى سطح المياه الجوفية المخزنة تحت الكثيب.

ونقدم مثالاً آخراً من دراسة أجريت في البرازيل عن المياه الجوفية في صخور القاعدة المتبلورة (crystalline)، حيث يوضح الشكل (٨-أ)معلومات الرادار الأرضي في منطقة بالبرازيل و تبدو المنطقة المشبعة بالماء واضحة من خلال ضعف الموجة في المسافة ٢٥-٤٢ م و عمق ٥م تقريبا،بينما يوضح الشكل (٨- ب) النموذج المستمد من تفسير معلومات الرادار الأرضي.

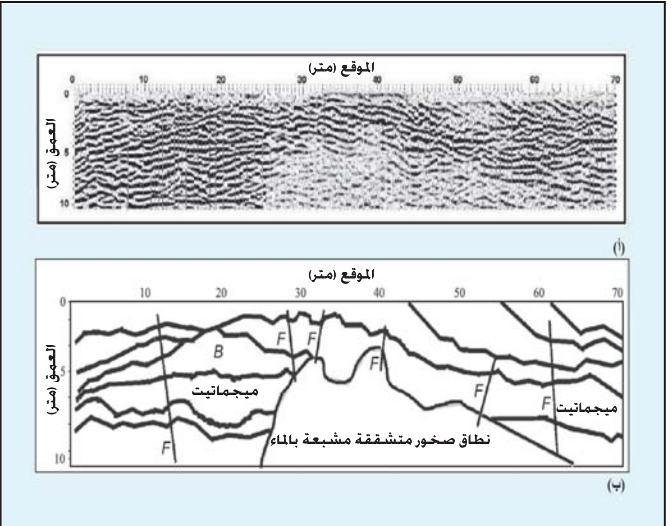
● دراسة مكامن البترول

يستخدم الرادار الأرضي أيضاً في دراسة مكاشف مكامن البترول والمتكونات الجيولوجية الحديثة

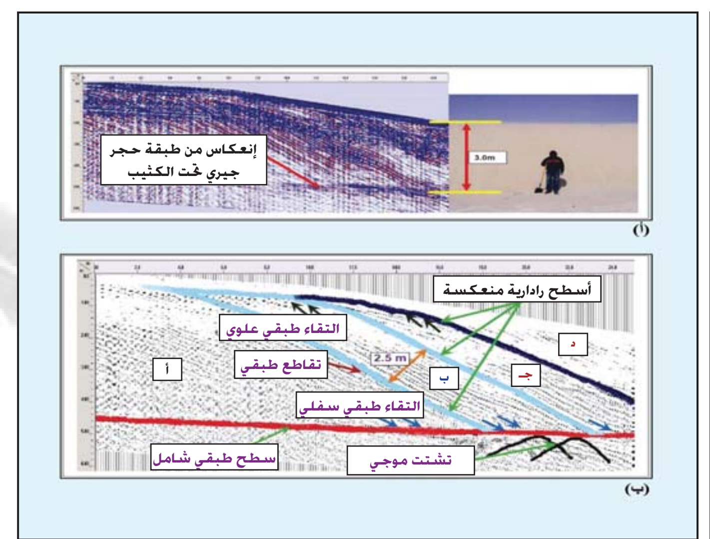


■ شكل (٦) خطوات مختارة من تفسير معلومات الرادار الأرضي.

■ شكل (٧) مثال لاستعمال الرادار الأرضي في استكشاف المياه الجوفية في الكثبان الرملية (Harari, 1996).

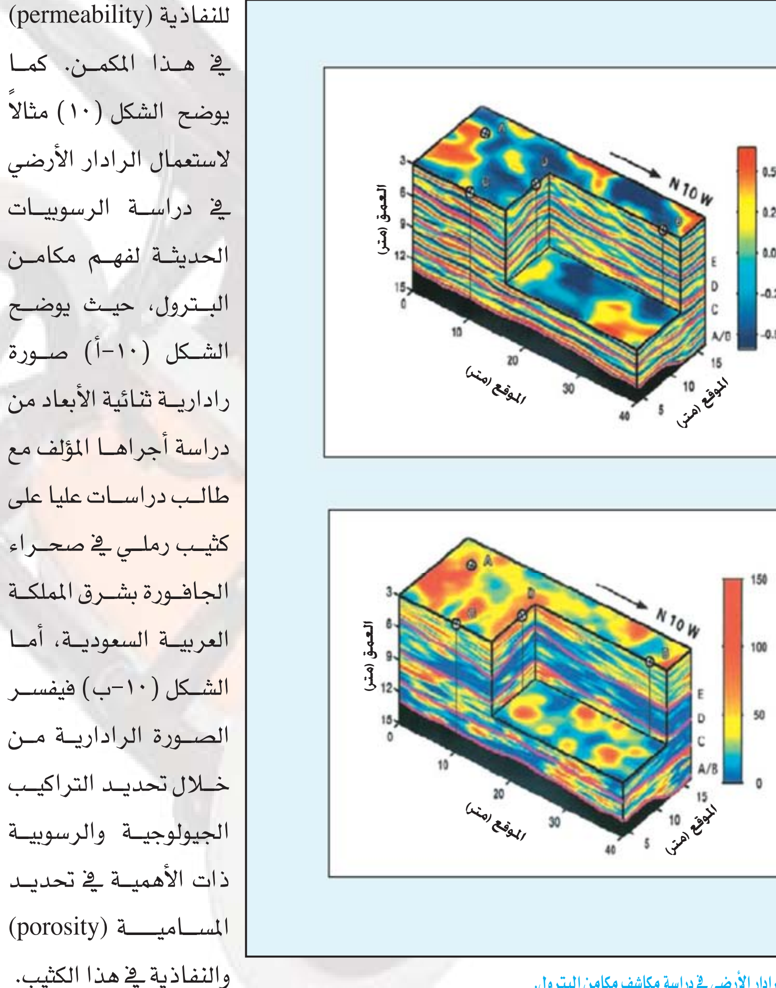


شكل (٨) مثال لاستعمال الرادار الأرضي في استكشاف المياه الجوفية في صخور القاعدة المتبلورة (Travassos and Menezes, 2004).



شكل (١٠) استعمال الرادار الأرضي في دراسة الرسوبيات الحديثة لفهم مكامن البترول.

من أجل تكوين نماذج دقيقة لمكامن البترول الحالية. يوضح الشكل (٩) مثالاً لاستعمال الرادار الأرضي في دراسة مكاشف مكامن البترول من دراسة في الولايات المتحدة الأمريكية (Szerbiak et al., 2001). حيث يمثل الشكل (٩-أ) معلومات الرادار الأرضي ثلاثية الأبعاد للمكمن البترولي، بينما يوضح الشكل (٩-ب) تفسير الصورة الرادارية بعد تحويلها إلى صورة للنفاذية (permeability) في هذا المكمن. كما يوضح الشكل (١٠) مثالاً لاستعمال الرادار الأرضي في دراسة الرسوبيات الحديثة لفهم مكامن البترول، حيث يوضح الشكل (١٠-أ) صورة رادارية ثنائية الأبعاد من دراسة أجراها المؤلف مع طالب دراسات عليا على كثيب رملي في صحراء الجافورة بشرق المملكة العربية السعودية، أما الشكل (١٠-ب) فيفسر الصورة الرادارية من خلال تحديد التراكيب الجيولوجية والرسوبية ذات الأهمية في تحديد المسامية (porosity) والنفاذية في هذا الكثيب.



شكل (٩) استعمال الرادار الأرضي في دراسة مكاشف مكامن البترول.

الجدير بالذكر أن مثل هذه التراكيب الرسوبية توجد بكثرة في مكامن بترول رئيسية في العالم مثل مكمني عنيزة و الجوف في المملكة العربية السعودية واللذان يحويان كميات كبيرة من الغاز الطبيعي.

المراجع

Adetunji, A. Q., Al-Shuhail, A. A., and Korvin, G., 2008. Mapping the internal structure of sand dunes with GPR: A case history from the Jafurah sand sea of eastern Saudi Arabia: The Leading Edge, 27: 1446-1452.

Al-Shuhail, A. A., 2006. Mapping the surface of a shallow groundwater system using GPR: The Leading Edge, 25: 738-740.

Annan, A. P., 2001. Ground Penetrating Radar - Workshop Notes: Society of Exploration Geophysicists, 197pp.

Harari, Z., 1996. Ground-penetrating radar(GPR) for imaging stratigraphic features and groundwater in sand dunes: Journal of Applied Geophysics, 36: 43-52.

Szerbiak, R. B., McMechan, G. A., Corbeanu, B, Foster, C., and Snelgrove, S. H., 2001. 3-D characterization of a clastic reservoir analog: From 3-D GPR data to a 3-D fluid permeability model: Geophysics, 66:1026-1037.

Travassos, J. M. and Menezes, P. T., 2004. GPR exploration for groundwater in a crystalline rock terrain: Journal of Applied Geophysics, 55: 239-248.

الاستكشاف الكهرومغناطيسي

د. منصور بن عبدالله القرني



تعد الطريقة الكهرومغناطيسية واحدة من أعرق طرق الاستكشاف الجيوفيزيائي، وأوسعها انتشاراً، وأكثرها تنوعاً من حيث عمق استكشافها، وتنوع أشكال وأحجام أجهزتها، والتقنيات المستخدمة، وكذلك تطبيقاتها واسعة النطاق في مجالات شتى، مثل: الجيولوجيا الهندسية، والبيئية، حيث يمكن استخدامها في الكشف عن الأجسام المعدنية المدفونة تحت سطح الأرض، والمواد الملوثة للمياه الجوفية، كما يمكن استخدامها في بعض التطبيقات العسكرية، مثل: تحديد أماكن الألغام الأرضية المدفونة، واستكشاف المعادن، والتنقيب عن المياه الجوفية، وكذلك فحص التراكيب الجيولوجية.

تعد هذه الطريقة من أهم الطرق الجيوفيزيائية وأكثرها تميزاً حيث يتراوح عمق اكتشافها مابين عدة أمتار إلى عشرات الكيلومترات تحت سطح الأرض.

تتلخص عملية الاستكشاف الكهرومغناطيسي بإنتاج مجال كهرومغناطيسي أولي (Primary Electromagnetic field) عن طريق تمرير تيار كهربائي في سلك أو ملف يسمى بالمرسل (Transmitter)، ومن ثم انتقال هذه الموجات و تغلغلها في باطن الأرض، فتقوم الأجسام الموصلة الموجودة تحت السطح بإنتاج مجال كهرومغناطيسي ثانوي (Secondary EM field) يؤثر على المجال الأولي، حيث يتم التعرف على هذه التأثيرات عن طريق قياس المجال الكهرومغناطيسي الناتج بواسطة ملف أو أكثر يسمى المستقبل (Receiver) موجود على سطح الأرض. ومن خلال البيانات التي يتم الحصول عليها من هذه القياسات يتضح التباين في الخواص الكهربائية والمغناطيسية للأجسام الموصلة الموجودة تحت سطح الأرض، وبتحليل البيانات المذكورة، يمكن الحصول على معلومات دقيقة عن عمق هذه الأجسام وأشكالها، وامتداداتها الرأسية والأفقية ودرجة توصيلها الكهربائية، مما يعطى دلالة على تركيز الخامات المعدنية في حالة استكشاف المعادن أو ملوحة المياه في حالة البحث عن مصادر المياه الجوفية.

الكهرومغناطيسية

يشمل مصطلح الكهرباء مجموعة متنوعة من الظواهر الطبيعية الناتجة عن وجود شحنة كهربائية (Electric charge) مثل: البرق والكهرباء الساكنة. يعود الأصل الأجنبي لكلمة كهرباء إلى الكلمة اللاتينية الجديدة (ēlectricus) التي تعني «شبيه الكهرمان»، وهذه بدورها مأخوذة من الكلمة اليونانية المرادفة للكلمة العربية كهرمان - أو إلكترون.

عرّف **مايكل فارادي** الكهرومغناطيسية بأنها فرع من علم الفيزياء يدرس الحقل الكهرومغناطيسي الذي يتألف من حقل كهربائي وحقل مغناطيسي. ينشأ الحقل الكهربائي من الشحنات الكهربائية الساكنة التي تسبب القوى الكهربائية المسؤولة عن الكهرباء الساكنة والمحددة بقانون كولوم. تقود هذه الحقول الكهربائية أيضا إلى سريان التيار الكهربائي في الموصلات الكهربائية. أما الحقل المغناطيسي فهو ينتج عن المغانط المختلفة إضافة للشحنات الكهربائية المتحركة، فعندما تسير شحنة كهربائية في موصل فإنه ينشأ عنها حقل مغناطيسي محيط بها. لذلك يصعب فصل هذين الحقلين عن بعضهما البعض في الكثير من الحالات.

طرق المسح الكهرومغناطيسي

تعتمد طرق المسح الكهرومغناطيسي على خاصية التوصيلية الكهربائية للطبقات الأرضية حيث أنه عند دخول تيار كهربائي متردد في ملف، يتكون مجال مغناطيسي عمودي على مستوى الملف ومن ثم يتحول إلى تيار كهربائي، وعند اختراق هذا المجال المغناطيسي إلى الجسم الموصل في الأرض؛ فإنه ينتج قوة دافعة كهربائية (EMF) تنتج بدورها مجالاً كهربائياً ثانوياً يولد مجالاً مغناطيسياً ثانوياً (Hs) يلتقطه المستقبل على هيئة مجال كهربائي.

يستخدم المسح الكهرومغناطيسي على نطاق واسع في العديد من المجالات، مثل: البحث عن المعادن، والكشف عن الكهوف والأنفاق الجوفية، وفي الأغراض الهندسية والبيئية. كما ظهر شأن كبير للطرق المغناطيسية في العديد من الدراسات ومنها دراسة الحرات والنشاطات البركانية. كما تستخدم في استكشاف المياه الجوفية حيث يمكن التمييز بين الطبقات المشبعة بالمياه، والطبقات غير المشبعة عن طريق مقاومتها الكهربائية.

التقنيات الكهرومغناطيسية

تعتمد تقنيات الكهرومغناطيسية على حث تيارات كهربائية تنتج في الأرض مجالات مغناطيسية مرسلة بإزاحات زمنية متفاوتة. وعلى الرغم من أن معظم الصخور تتكون من معادن قليلة الموصلية، فإن ارتفاع مسامية الصخور ودرجة تشبعها بالمياه الجوفية المحتوية على أملاح، تزيد درجة توصيليتها لهذه التيارات. كذلك تعمل المعادن الكبريتيدية: مثل البيرهوتيت (Pyrhotite) والأرزينوبيرهوتيت (Arseno-pyrhotie) على زيادة موصلية الصخور، حيث يعد معدن الكلكوبايرايت (Chalcopyrite) والجرافيت (Graphite) من المعادن ذات الموصلية الكهربائية العالية. أما معادن البارايت (Barite) فإنها أقل توصيلاً للكهرباء، بينما الجالينا (Galena) وبعض الأكاسيد (الحديد، المنغنيز) تكون متوسطة أو حتى فقيرة في الموصلية الكهربائية.

تستخدم معظم أجهزة المسح الكهرومغناطيسي المستعملة في البحث عن المعادن ملف من لفة واحدة من السلك، يتغذى بتيار كهربائي متردد يسري باستمرار داخل الملف بدون قطع.

● الكهرومغناطيسية بنطاق التردد

تعد تقنية الكهرومغناطيسية بنطاق التردد (Frequency-domain Electromagnetic-FDEM) الأكثر ملائمة للمناطق عالية المقاومة الكهربائية، لأنها تتمع بمميزات واضحة بالنسبة لتقنيات الاستكشاف الأخرى، منها:

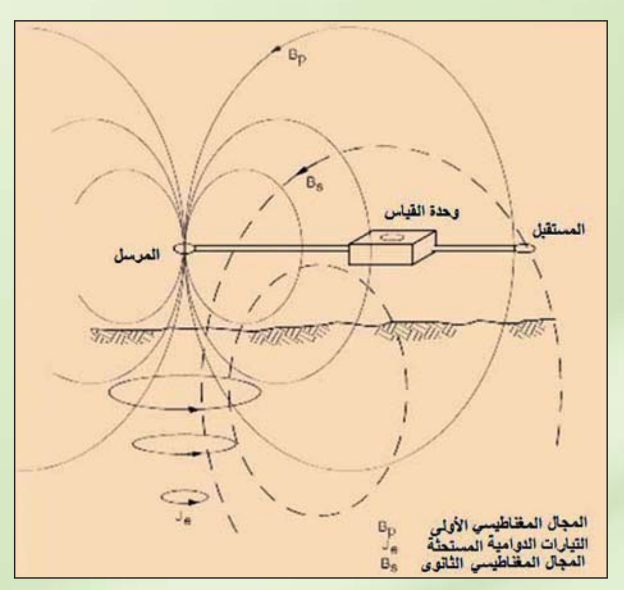
١- أنها لا تحتاج إلى اتصال مباشر بسطح الأرض؛ مما يمكنها من تغطية مساحة كبيرة من الأرض في وقت محدود، لذلك فهي تعتبر وسيلة اقتصادية.

٢- يصل العمق الاستكشافي لها إلى ٥٠ متراً تحت سطح الأرض، حسب المسافة الفاصلة بين المرسل والمستقبل، واتجاه مستوى الملفات (أفقيا أو رأسياً).

٣- يعتمد عمق الاستكشاف على التردد المستخدم وعلى الموصلية الأرضية لمنطقة الدراسة، وذلك من خلال معامل يسمى السمك الجلدي أو (Skin depth).

تعتمد تقنية الكهرومغناطيسية بنطاق التردد على توليد المجال الكهرومغناطيسي الذي يتغلغل في باطن الأرض، منتجاً مجالاً مغناطيسياً، ومن خلال قياس هذا المجال، يمكن استنتاج خصائص التراكيب تحت السطحية. والتعرف على الطبقات الحاملة للمياه الجوفية. والحد الفاصل بين الماء المالح والماء العذب، كما تستخدم للتعرف على الأماكن المناسبة كمحاجر، والكشف عن الأجسام المعدنية، وتحديد الكهوف، ورسم حدود الوحدات الجيولوجية المختلفة، وفي أغراض هندسية وبيئية عديدة.

ترسل ملفات الإرسال مجالاً كهرومغناطيسياً أولياً ذا تردد ثابت. يحدث هذا المجال الكهرومغناطيسي في الأرض تيارات كهربائية أسفل الملف تسمى التيارات الدوامة (Eddy currents)، التي تولد بدورها حقلاً مغناطيسياً ثانوياً يقاس بواسطة ملف الاستقبال، شكل (١). تعبر نتائج هذه الطريقة عن مدى التغير في التوصيلة الكهربائية، وذلك بمقارنة شدة المركبة الخارجة عن الطور (Quadrature) للمجال الثانوى بشدة المجال الكهرومغناطيسي الأولي. تمثل قيم الموصلية الظاهرية متوسط الموصلية تحت سطح الأرض، وذلك لارتباط الموصلية الكهربائية القوي بخواص التربة. تعد تقنية الكهرومغناطيسية بنطاق التردد وسيلة قوية لتحديد التغيرات في التربة والتعرف على أنواعها.



■ شكل (١) أساس تشغيل تقنية (FDEM).



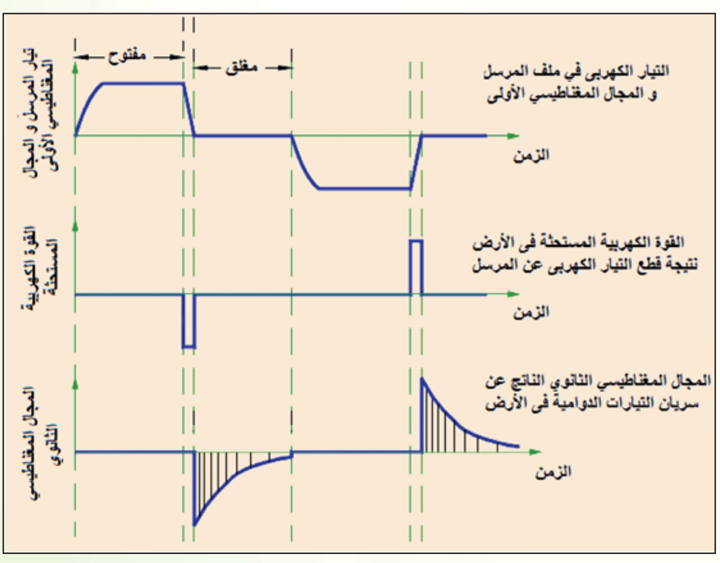
■ شكل (٢) مقياس الموصلية الأرضية طراز EM38 يقيس إلى عمق ١,٥ متراً.

تكشف قياسات المجالات المغناطيسية الثانوية في الأرض عن الظروف تحت السطحية، وذلك بعد رصد البيانات وتحليلها. ومن هنا يستطيع الجيوفيزيائي بخبرته استنباط المعلومات الجيولوجية تحت السطحية اعتماداً على ما هو معلوم من الظروف الجيولوجية المحيطة. ويوضح الشكل (٢) أحد أجهزة المسح الكهرومغناطيسي الأرضي بنطاق التردد.

● الكهرومغناطيسية بنطاق الزمن المستغرق

تعتمد تقنية الكهرومغناطيسية بنطاق الزمن المستغرق (Time domain Electromagnetic -TDEM) على توليد مجال كهرومغناطيسي لحث تيارات كهربائية في الأرض تنتج مجالاً مغناطيسياً متغيراً مع الزمن باستخدام سلك حلقي (Loop) يوضع على الأرض، وهكذا فان المجال المغناطيسي الأولي الناشىء من المصدر ينتج تيار كهربائي ثانوي في الأرض، والذي بدوره ينتج مجالاً مغناطيسياً ثانوياً يمكن قياسه على السطح بواسطة مستقبل، وبقياس هذه المجالات المغناطيسية يمكن استنباط سمات وخصائص التراكيب تحت السطحية عند أعماق كبيرة.

يقوم المجال الأولي بإنشاء تيارات مستحثة للمصدر مباشرة، تمثل تقريباً مرآة للمصدر. وعندما تبدأ نشأة التيارات المستحثة الأولية، فإنها ـ بدورها ـ تنشيء تيارات مستحثة ثانوية عند أعماق أكبر. ويظهر شكل (٣) الموجة التي نتجت بواسطة سلسلة من التيارات المستحثة الثانوية في الأرض، والتي يعتمد مقدار واضمحلالها مباشرة على الموصلية الكهربائية للوسط، وكذلك على الأبعاد الهندسية للطبقات الموصلة.



■ شكل (٣) اشكال الموجة في الطريقة الكهرومغناطيسية في نطاق الزمن.

■ شكل (٤) تدفق التيارات المستحثة عند زمن بدائي وزمن متأخر.

تمثل الإشارة الحاثة في هذه الطريقة موجة نابضة حادة، أما التيارات المستحثة في الأرض فتكون متركزة في البداية تحت المصدر مباشرة، شكل (٤). ومع مرور الزمن، تنتشر هذه التيارات أسفل وبعيدة عنه، وتسلك سلوك حلقات الدخان حيث إنها في البداية تكون قوية قرب المصدر ولكنها تضعف خلال اتساعها وانتشارها وتدفقها إلى الأعماق في الأرض، بحيث تعتمد على الموصلية الكهربائية للأرض. كذلك تنتشر هذه التيارات المستحثة بسرعة كبيرة في حالة أن الوسط ذو موصلية قليلة، وعلى العكس من ذلك فإن انتشارها يكون أبطأ في حاله الموصلية الكهربائية الجيدة.

تشمل التطبيقات المعروفة لتقنية الكهرومغناطيسية بنطاق الزمن المستغرق التعرف على طبقات المياه الجوفية والأحواض المائية، ودرجة تشبعها بالمياه العذبة ودرجة ملوحتها النسبية ومناطق غزو المياه المالحة، كما تساعد في تعين درجة ذوبان المواد الرسوبية المفيدة في أعمال المحاجر. بالإضافة إلى تحديد مناطق وبيئات المعادن الفلزية، ورسم



■ شكل (٥) مرسل من طراز (TEM57-MK2) يسمح بالاستكشاف إلى عمق يتراوح بين ٢٠٠-٢٥٠ متر.

الوحدات والاستكشاف الجيولوجي تحت المناطق الثلجية، علاوة على الظواهر الجيولوجية المفيدة في الأعمال المدنية.

ورغم أن تطبيقات تقنية (TDEM) مشابهة لتقنية (FDEM)، إلا أنها تتميز عنها بقدرتها على الوصول إلى أعماق أكبر ورسم الظواهر العميقة. من جانب آخر فإن طريقة الـ (FDEM) ليست سريعة التنفيذ مثل تقنية الـ FDEM التي يمكن أن تغطي مساحات كبيرة، وبذلك تكون الأخيرة اقتصادية في التكاليف أكثر من طريقة الـ (FDEM).

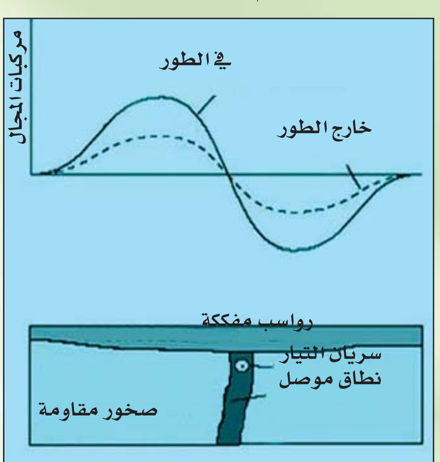
ويوضح الشكل (٥) أحد أنواع أجهزة الكهرومغناطيسية الأرضية بنطاق الزمن المستغرق.

● تقنية التردد المنخفض جداً

تعتمد تقنية التردد المنخفض جداً (Very Low Frequency Technique-VLF) على طريقة المسح الجيوفيزيائي باستقبال الموجات الكهرومغناطيسية ذات التردد المنخفض جداً، والتغيرات التى تنشأ عليها بفعل اصطدامها بالتراكيب الجيولوجية تحت السطحية المختلفة، وبفحص هذه النتائج يمكن تحديد المناطق الشاذة في باطن الأرض، شكل (٦).

يتم استخدام تقنية التردد المنخفض جدا في العديد من التطبيقات، مثل: تحديد طبقات المياه الجوفية، وكذلك التطبيقات التقنية الجيولوجية لرسم الفوالق والتراكيب المطمورة تحت الأرض، وكذلك الرواسب المعدنية.

تستخدم تقنية التردد المنخفض جداً في محطات البث المنتشرة في جميع أنحاء العالم، والتي تستخدم عادة للاتصالات البحرية التي تصدر موجات كهرومغناطيسية ذات تردد منخفض جداً قدره (١٥-٣٠ كيلو هرتز). يسمى المجال المغناطيسي الصادر من هذه المحطات بالمجال الابتدائي، ويسبب تيارات دوامية كهربائية تصدر عن التراكيب والوحدات الجيولوجية الموصلة به. تقوم هذه التيارات الدوامية بدورها بتكوين مجال مغناطيسي ثانوى يتداخل مع المجال الإبتدائى مكونا مجالاً مغناطيسياً آخر يتأثر بكلا المجالين الابتدائي والثانوي. من الممكن أن يكون المجال المركب منحرفاً في الطور والاتجاه عن اتجاه المجال المغناطيسي الابتدائي، بحسب شكل والوضع التركيبي للجسم الموصل واتجاهه والتباين في الموصلية بين الجسم والوسط المحيط به.



■ شكل (٦) عمل تقنية التردد المنخفض (VLF).

تقوم أغلب أجهزة الترددات المنخفضة جداً بقياس مركبتين للمجال المغناطيسي أو زاوية الميل المكافئة وبيضاوية المجال، أما بعضها فتقيس المركبة المغناطيسية الثالثة أو المجال الكهربائي الناشئ. يقاس في هذه الأجهزة المجال الكهربائي عن طريق تثبيت قطبين في الأرض بمسافة بينية ٥ أمتار، لمعرفة فرق الجهد الكهربائي بينهما، وبالتالي التعرف على سمك الطبقة الموصلة ودرجة توصيليتها. يتراوح العمق الاستكشافي لهذه الطريقة مابين ٤٠ إلى ٦٠ متراً في المناطق ذات الموصلية المنخفضة، إلى قرابة ٤ إلى ٥ أمتار في المناطق ذات الموصلية العالية.

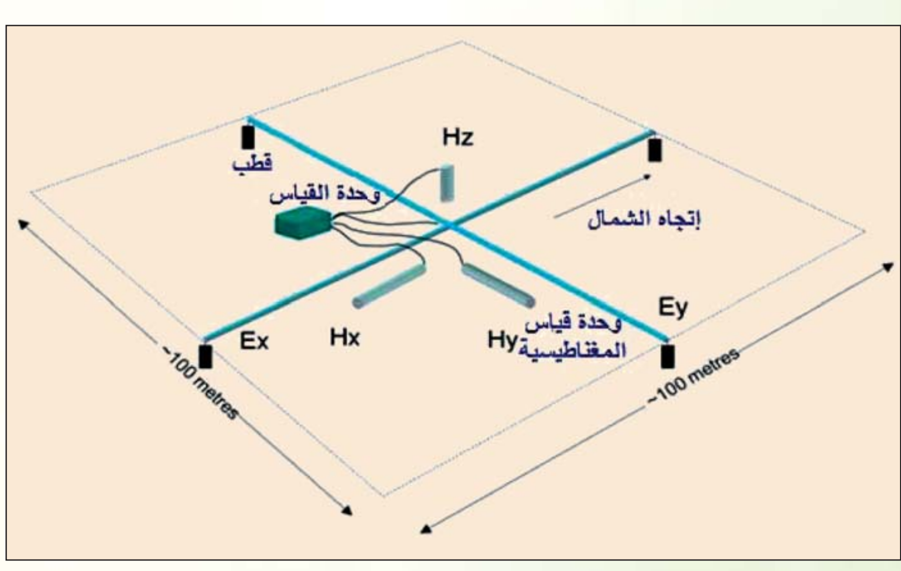
تتميز تقنيات الترددات المنخفضة جدا بإمكانية تغطيتها لمساحة واسعة بسرعة، وكما أنها لا تحتاج إلا إلى فرد واحد لتنفيذها؛ مما يجعلها اقتصادية للغاية. ومع أنها تستخدم ترددات منخفضة جدا فإنها تستطيع تحديد المجالات الشاذة، إلا أنها تظل محدودة في قدرتها على تقديم معلومات مفصلة عن طبيعة التراكيب الجيولوجية شديدة الحساسية للضوضاء المحيطة بمكان القياس. لهذا فإنها تعد طريقة استطلاعية تحتاج نتائجها لمزيد من التحقيق باستخدام طرق أخرى، ويبين الشكل (٧) أحد هذه الأجهزة المعروفة الذي يقيس كلاً من مركبتي المجال المغناطيسي الثانوي منسوبة إلى المجال الابتدائي.

● تقنية المغناطيس التلوري

أصبح التنقيب الكهرومغناطيسي العميق مهماً في تصوير توزيع الموصلية الكهربائية - أفقياً ورأسياً - في السنوات الحديثة. وقد نتج هذا عن التطور التقني في تجميع، ومعالجة وتفسير البيانات الكهرومغناطيسية بالطرق ذات المصادر الطبيعية مثل: تقنية المغناطيس التلوري (Magnetotelluric methods -MT)، والتي تقيس التغيرات الزمنية في المجال الكهرومغناطيسي



■ شكل (٧) أجهزة قياس المجال منخفض التردد جداً (VLF) من طراز (EM16) .



■ شكل (٨) التوزيع الحقلي لتقنية المغناطيس التلوري.

الطبيعي عند سطح الأرض. تحدث تغيرات قليلة التردد (١-٠,٠٠٠١ هيرتز) في المجال المغناطيسي بسبب الرياح الشمسية (solar winds) التي تتفاعل مع المجال المغناطيسي الأرضي، بينما تحدث التغيرات عالية التردد نسبيا (أعلى من ١ هيرتز) بسبب العواصف البرقية (lightning storms).

يقاس التغير في المجال الكهرومغناطيسي الطبيعي الأرضي عادة عند السطح باستخدام ملف مغناطيسي لقياس المركبة المغناطيسية وقطبين غير مستقطبة لقياس المجال الكهربائي، شكل (٨)، ويصل العمق الاستكشافي لهذه الطريقة إلى أعماق كبيرة تصل إلى طبقة الوشاح (Mantel layer).

● الاستكشاف الكهرومغناطيسي الجوي

تستخدم طريقة المسح الكهرومغناطيسي الجوي (Airo-Electro Magnetic -AEM) في التعرف على التراكيب الجيولوجية خاصة الموصلة منها، ويستخدم لهذا الغرض ملف إرسال مصمم للحمل بواسطة طائرة يصدر مجالاً كهرومغناطيسياً يخترق سطح الأرض ينتج عنه مجال كهرومغناطيسي ثانوي. تستقبل المركبة الرأسية المجال الثانوي بواسطة مستقبل مصمم لهذا الغرض، بينما تستقبل المركبة الأفقية المجال الثانوي بواسطة مستقبل آخر بالقرب من ملف الإرسال.

صممت أول طائرة للمسح الجوي الكهرومغناطيسي بواسطة **هانز لونبرج** بعد فترة قصيرة من نهاية الحرب العالمية الثانية.

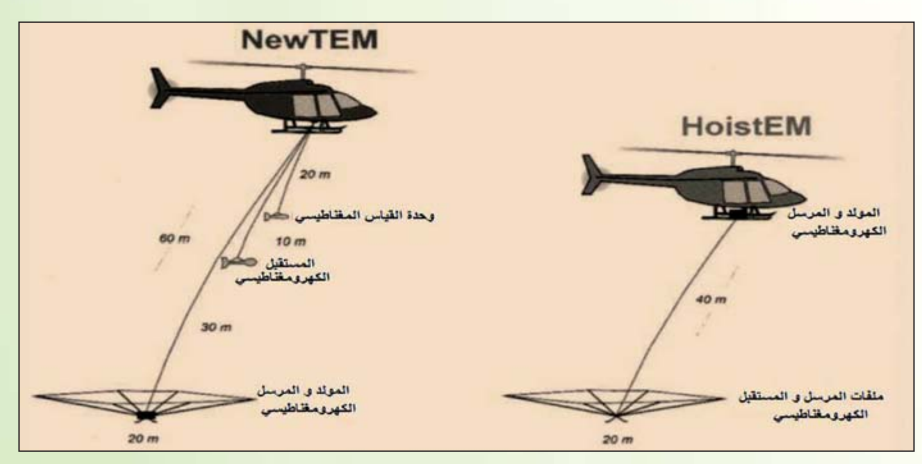
كانت أجهزة المسح الكهرومغناطيسية في البداية تستخدم ترددات منخفضة مع مستوى ضجيج عالي نسبياً مع معامل زمني طويل، إلا أنه مع تقدم الزمن، تميزت أنظمة المسح الكهرومغناطيسي بتعدد الترددات المستخدمة وتعدد قنواتها وانخفض مستوى الضجيج فيها، كما أصبح معامل الزمن أقصر؛ مما ساعد على خفض مستوى الضجيج ومكّن من قياس التوصيلية بشكل أكثر دقة لتراكيب أقل عمقاً وأصغر حجماً.

يمكن إجراء المسح الكهرومغناطيسي الجوي بالطائرات ذوات الأجنحة الثابتة، أو الهيلوكوبتر (الطائرة العمودية)، حيث يفضل استخدام الطائرات ذات الجناحين عندما تكون التضاريس منبسطة، وللمناطق القريبة من القواعد الجوية لعمل المسوحات الكهرومغناطيسية لاستطلاع الأقاليم الواسعة. أما الهيلوكوبتر فتستخدم في مسح المناطق البعيدة عن المطارات ذات التضاريس الصعبة للحصول على بيانات تفصيلية عالية الدقة لقدرتها على الاقتراب من سطح الأرض. وبوجه عام فإن أجهزة المسح الكهرومغناطيسي الجوي عادة ما تتم للمناطق المستهدفة على طول خطوط ملاحية محددة الاتجاه، بحيث تتراوح المسافة بين خطوط الطيران بين ٠,٢٥-١ كم طبقا للغرض من عملية المسح الكهرومغناطيسي الصعبة.

تطورت - منذ العقد الماضي - تقنية المسح الكهرومغناطيسي المحمولة جوا تطوراً هائلاً، حيث استخدمت أجهزة المسح الكهرومغناطيسي

التي تعتمد على التغير في النطاق الزمني أو التي تعتمد على التغير في نطاق التردد، والمحمولة على طائرات الهليوكوبتر، أو الطائرات ذوات الجناح.

يبين الشكل (٩) طريقتين مختلفتين في وضع ملف الإرسال بالنسبة لملفات الاستقبال: ففي الوضع الأول (على اليمين) يكون ملف الإرسال وملف الاستقبال معاً في تركيب واحد (Hoist EM) أما في الوضع الثاني - اليسار (NewTEM) - تكون ملفات الاستقبال منفصلة عن ملف الإرسال.



■ شكل (٩) طريقتان مختلفتان في وضع ملف الإرسال بالنسبة لملفات الاستقبال.

تعتبر عمليات المسح الكهرومغناطيسي الجوي أكثر أنواع المسوح الجوية تكلفة كما أن بياناتها تحتاج أيضاً إلى معالجات معقدة حتى يمكن استنباط النتائج منها، لهذا فإن طريقة المسح الكهرومغناطيسي الجوي تستخدم لأغراض خاصة تتميز باحتمالية التباين الواضح في خاصية الموصلية الكهربائية، مثل استكشاف النطاقات الغنية بالغرين داخل الطبقات الرسوبية، أو تحديد نطاقات المياه الجوفية، أو نطاقات الجرافيت داخل الصخور المتحولة، أو نطاقات التمعدن داخل صخور القاعدة. علاوة على استكشاف نطاقات عدم التوافق بين الصخور الرسوبية وصخور القاعدة والتي تعتبر أماكن مناسبة لتواجد المياه الجوفية سواء العذبة أو المالحة.

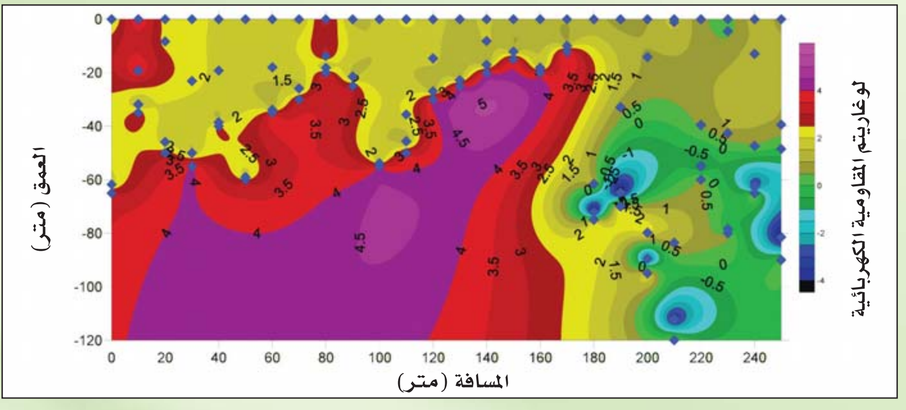
تطبيقات المسح الكهرومغناطيسي

تم تطبيق المسح الكهرومغناطيسي في عدة مناطق بالمملكة العربية السعودية نورد بعضها فيما يلي:

١- إجراء مسح جوى كهرومغناطيسى لمناطق مختارة من الدرع العربى هي: شواص، وادى بيدة، المصانع، كتام، الخنيقية، الأمار، وادى كمال، وحزام سمران. وقد بلغ طول الخطوط المسوحة أكثر من ٢١,٠٠٠ كيلومتر خطى من الكهرومغناطيسية العارضة في النطاق الزمني فوق أرض تحوى مواد تتميز بخاصية الاستقطاب الحثي الكهربائي وتتواجد فيها كثير من المعادن الاقتصادية.

٢- استكشاف مواقع المياه في منطقة ثول- غرب المملكة العربية السعودية: ويوضح شكل (١٠) توزيع التباين في المقاومية الكهربائية على مستويات عمق مختلفة (٠، ١٠، ٢٠، ٣٠، ٥٠ و٨٠ م تحت سطح الأرض) مستنبطة من النماذج العكسية لبيانات المسح الكهرومغناطيسى بتقنية الزمن المستغرق.

٣- استكشاف الطبقات المعدنية تحت سطح الأرض بمنطقة مكة المكرمة، حيث تم التعرف على نطاق من الطف الريوليتي المتحول بمستكشف بحرة على طول الامتداد الشرقي لنطاق الجوسان الأوسط. ويتميز هذا النطاق بوجود كتل عدسية الشكل من الشيرت (Chert) ومتحول الباريت الكتلي، والمتطبق، والماجنيتيت (Magnetite).



■ شكل (١٠) قطاع تحت سطحي لتوزيع التوصيلية الكهربائية، منطقة الجوسان الشرقية، بحره، مكة المكرمة.

المراجع:

1- **Al-Garni, M. and M.E. Everett 2003:** The paradox of anisotropy in electromagneticloop-loop responses over a uniaxial halfspace, Geophysics 68, 892899-.

2- **Al-Garni M., Harbi H, Eldougdoug A, EL-Kalioubi H., Hassanein H.,2007:** Reconnaissance Geophysical and Geological Studies on Bahra Prospect, Makkah Al-Mukarramah Region, KSA. Project no. 201427/, KAU Center of Researches and consultations . Final Report.

3- **Al-Garni, M, El-Behiry M., Gobashy,M, Hassanein, H., El-Kaliouby H, 2009:** Geophysical studies to asses groundwater potentiality and quality at wadi Thuwal area North of Jeaddah,KSA. Final Report .project No. AT-2628- introduced to KACST.

4- **Nabighian, M.N. and J.C. Macnae 1991:** Time domain electromagnetic prospecting methods, in Nabighian, M.N. (editor), Electromagnetic Methods in Applied Geophysics, vol.2A, Society of Exploration Geophysics, 427520-.

5- **Palacky, G.J. and G.F. West 1991:** Airborne electromagnetic methods, in Nabighian, M.N. (editor), Electromagnetic Methods in Applied Geophysics, vol.2B, Society ofExploration Geophysics, 811879-.

6- **Reid, J.E. and J.C. Macnae 1998:** Comments on the electromagnetic "smoke ring" concept, Geophysics 63, 19081913-.

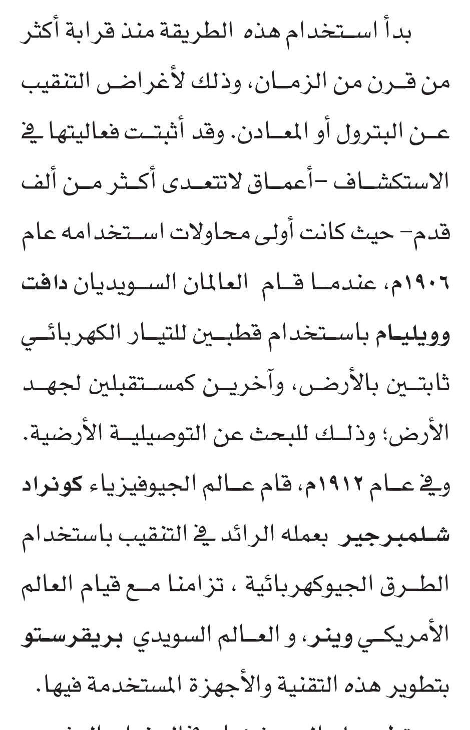
7- **Sasaki, Y., 2001:** Full 3-D inversion of electromagnetic data on PC, J. Applied Geophys.46, 4554-.

الاستكشاف الجيوكهربائي

د فوزان علي الفوزان   د محمد أحمد متولي



يعد الاستكشاف الجيوكهربائي (Geo-Electrical Exploration) من أكثر طرق الاستكشاف الجيوفيزيائية شيوعاً و تنوعاً؛ وذلك لسهولة استخدامه وتعدد تطبيقاته وبساطة أجهزته. تعتمد هذه الطريقة على قياس فرق الجهد أو قياس المجال المغناطيسي المصاحب لمرور التيار الكهربي داخل طبقات الأرض.



بدأ استخدام هذه الطريقة منذ قرابة أكثر من قرن من الزمان، وذلك لأغراض التنقيب عن البترول أو المعادن. وقد أثبتت فعاليتها في الاستكشاف -أعماق لاتتعدى أكثر من ألف قدم- حيث كانت أولى محاولات استخدامه عام ١٩٠٦م، عندما قام العالمان السويديان **دافت وويليام** باستخدام قطبين للتيار الكهربائي ثابتين بالأرض، وآخرين كمستقبلين لجهد الأرض؛ وذلك للبحث عن التوصيلية الأرضية. وفي عام ١٩١٢م، قام عالم الجيوفيزياء **كونراد شلمبرجير** بعمله الرائد في التنقيب باستخدام الطرق الجيوكهربائية ، تزامنا مع قيام العالم الأمريكي **وينر**، و العالم السويدي **بريقرستو** بتطوير هذه التقنية والأجهزة المستخدمة فيها.

تطور علم الجيوفيزياء في السنوات العشرين الأخيرة بشكل عام، والطرق الجيوكهربائية بشكل خاص، ليشمل تطوير الاستكشاف أحادي وثنائي البعد - المستخدم إلى الآن بشكل واسع - إلى الاستكشاف ثلاثي ورباعي البعد. فضلاً عن تطور البرامج الحاسوبية المستخدمة في تحليل بيانات الاستكشاف الجيوكهربائي وعمل النمذجة والتفسير المتقدم للبيانات بأشكالها المختلفة.



المبدأ العلمي للاستكشاف الجيوكهربائي

يتمثل المبدأ العلمي لهذه الطريقة في خاصية التوصيل الكهربائي التي تتميز بها معظم الفلزات وكبريتيداتها المكونة للصخور. وعلى الرغم من أن هذه الفلزات موصلات ضعيفة للتيار الكهربائي، إلا أن التيار الكهربائي ينتقل بشكل أساسي عن طريق الأيونات الموجودة في مياه المسام الصخرية (Pore water). ولذلك فإن اكتساب معادن الطين للماء يجعلها نشطة أيونياً، وبالتالي تزداد قدرتها على التوصيل الكهربائي حتى وإن كانت قليلة الرطوبة.

الجدير بالذكر أن درجة التوصيل الكهربائي تعتمد على كمية الأملاح الذائبة في المياه الموجودة في مسام التربة، فكلما كانت المياه نقية كلما كان التوصيل ضعيفاً.

يستخدم في طريقة الاستكشاف الجيوكهربائي تياراً كهربائياً مباشراً مستمراً أو تياراً ذا تردد (DC – methods) منخفض حيث يقاس فرق الجهد للأرض بين نقطتين عن طريق وضع أربعة أقطاب على سطح الأرض، إثنان منها لإدخال التيار الكهربائي إلى باطن الأرض، والآخران لقياس فرق الجهد الناتج عن مرور التيار. وبمعرفة شدة التيار النافذ إلى باطن الأرض وفرق الجهد بين القطبين، يتم الحصول على قيمة مقاومة طبقات الأرض.

أنواع الاستكشاف الجيوكهربائي

توجد أنواع مختلفة ومتعددة من الاستكشاف الجيوكهربائي اعتماداً على المجال أو التأثير الذي يتم قياسه، ومن أهم هذه الأنواع:

- **الجهد الذاتي**

يستخدم الاستكشاف الجيوكهربائي بالجهد الذاتي (Self potential -SP) في البحث عن الخامات المعدنية وخاصة خامات الكبريتيدات، وكذلك رصد حركة المياه الجوفية تحت سطح الأرض. ينشأ الجهد الذاتي نتيجة التفاعل الكيميائي الكهربائي بين المعادن والسوائل المحيطة بها، مما يسبب شذوذاً في الجهد الذاتي للأرض يمكن قياسه بواسطة أزواج من أقطاب مسامية غير قابلة للاستقطاب، مع بقاء المسافات بينها منتظمة على طول المنطقة المدروسة.

- **الاستقطاب الحثي**

تستخدم طريقة الاستقطاب الحثي (Induced polarization -IP) على نطاق واسع في استكشاف الفلزات المعدنية في باطن الأرض. تعتمد طريقة الاستقطاب الحثي على سريان تيار كهربائي في الأرض. مؤدياً بدوره إلى استقطاب كهربائي لأيونات المعادن المكونة

لكتل الصخور، وبالتالي نشوء تيارات تأثيرية، فإذا توقف التيار الكهربائي فجأة، فإنه يتم تفريغ هذه الشحنات من الخلايا المستقطبة على فترات زمنية تصل إلى عدة ثوان مولدة تياراً كهربائياً، وجهداً ذاتياً، ومجالاً مغناطيسياً يمكن كشفه وقياسه عند سطح الأرض.

أجهـزة القيـاس

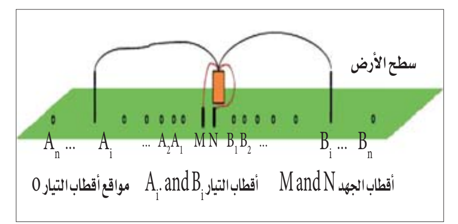
تطورت الأجهزة المستخدمة في أعمال القياس الجيوكهربائي تطوراً كبيراً منذ بداية استخدامها، فقد كانت الأجهزة تتكون من وحدتين منفصلتين، إحداهما تعد مصدراً للتيار الكهربائي، والأخرى لقياس فرق الجهد، ثم أصبحت هذه الأجهزة تتكون من وحدة واحدة تتضمن كلاً من المرسل والمستقبل، بحيث تظهر فيها قراءات المقاومة الكهربائية بالأوم. بالإضافة إلى تحديد أماكن الأقطاب وقيمة التيار المرسل إلى الأرض ونوع القياس المطلوب إجراؤه، عن طريق لوحه مفاتيح تقوم بادخل البيانات المطلوبه للجهاز، ومن ثم الحصول على أشكال ثنائية البعد لتوزيع قيم المقاومة الكهربائية بشكل سريع ومباشر أثناء القياس فى الحقل، وأخيراً حفظ هذه البيانات لاستخدامها فى مزيد من التحليل المكتبي.

طرق معالجة وتفسير البيانات

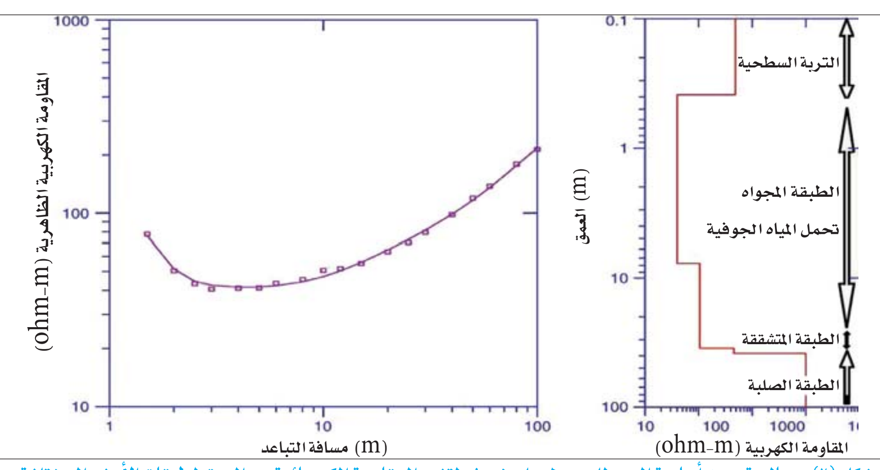
توجد عدة طرق مختلفة لقياس ومعالجة البيانات التي يتم الحصول عليها في الحقل، ومن ثم تفسيرها، ومن هذه الطرق ما يلي:

- **الجس الجيوكهربائي الرأسي أحادي البعد**

تعتمد الطريقة التقليدية لمعالجة بيانات المتحصل عليها من المسح الحقلي باستخدام



شكل (١) طريقة تباعد الإلكترودات في الجس الكهربائي الرأسي أحادي البعد.



شكل (٢): معالجة جسه أحادية البعد للحصول على نموذج لتغير المقاومة الكهربائية مع العمق لطبقات الأرض المختلفة.

جهاز الجس الجيوكهربائي الرأسي أحادي البعد (ID - Vertical electric sounding) عن طريق رسم منحنى للعلاقة بين لوغاريثم قيم المقاومة الجيوكهربائية مع مسافة التباعد بين الأقطاب الجيوكهربائية، شكل(١). حيث إنه عند زيادة التباعد بين الأقطاب يمكن الحصول على مزيد من المعلومات على أعماق أكبر. ولتفسير بيانات الجس الجيوكهربائي الرأسي، يفترض أن باطن الأرض يتكون من طبقات أفقية، ولذلك يتم البحث عن المنحني الذي ينطبق مع منحنى البيانات المقاسة للحصول على عدد الطبقات وقيمة المقاومة الجيوكهربائية داخل كل طبقة.

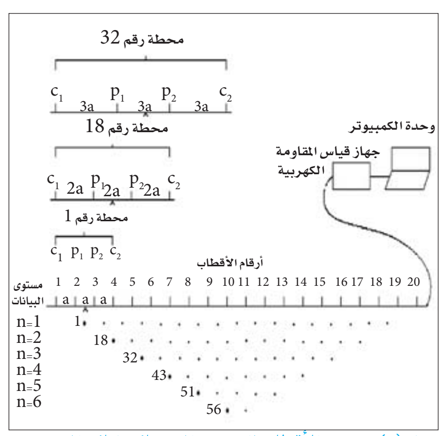
الجدير بالذكر أن المعالجة بهذه الطريقة أصبحت تتم بشكل سريع باستخدام برامج الحاسب الآلي، شكل(٢). مع ملاحظة أن هذه الطريقة يوجد فيها قصور يتمثل في أنه لا يؤخذ في الاعتبار تغير قيم المقاومة أفقياً.

- **التصوير الجيوكهربائي ثنائي البعد**

يعتمد التصوير الجيوكهربائي ثنائي البعد (2D resistivity tomography) على مراعاة التغير في الاتجاهين الأفقي، والرأسي، أثناء القياس والحصول على البيانات ومعالجتها، مع الأخذ في الاعتبار أن قيم المقاومة الجيوكهربائية لا تتغير في الاتجاه العمودي على خط القياس.

يتم الحصول على البيانات الحقلية بتوزيع عدد من أقطاب التوصيل على طول خط القياس، وتوصيلها بكابل يتصل مباشرة بوحدة التحكم في المركز، ويتم التحكم في ترتيب أقطاب التوصيل بشكل آلي بواسطة خبير متخصص، وذلك بتطبيق برامج خاصة لتغطية خط القياس أفقياً ورأسياً بشكل كامل، شكل(٣). بعد الانتهاء من تسجيل البيانات وحفظها داخل جهاز القياس، يتم تفريغها إلى الحاسوب، لبدأ عمليات التحسين والتحليل باستخدام برامج معالجة خاصة للحصول على نموذج قيم المقاومة الجيوكهربائية مع العمق وذلك لتمثيل وضع الطبقات تحت السطح، وفقاً للخطوات التالية:

- تمثيل قيم المقاومة الظاهرية مع مستويات القياس المختلفة وإزالة وتعديل البيانات غير الدقيقة، والتي من الممكن أن تسبب مشكلة أثناء المعالجة.
- اختيار أنسب المعاملات لتطبيق عملية التقارب بين البيانات المقاسة والمنمذجة طبقاً لطبيعة وظروف منطقة العمل والهدف من إجراء القياسات.
- اختيار أنسب نموذج لبيانات المقاومة الجيوكهربائية مع العمق، والتي تتفق مع الموضع البيئي والجيولوجي لمنطقة القياس.



شكل (٣): ترتيب الأقطاب للتصوير الكهربائي ثنائي البعد.

● التصوير الجيوكهربائي ثلاثي البعد

تستخدم طريقة التصوير الجيوكهربائي ثلاثي البعد (3D resistivity tomography) لإعطاء صورة ثلاثية الأبعاد عن تغير قيم المقاومة الجيوكهربائية تحت السطحية، والتي لم تستطع الطرق السابقة تداركها، ولذلك تعد هذه الطريقة أفضل الطرق للتعبير عن ما هو موجود تحت السطح.

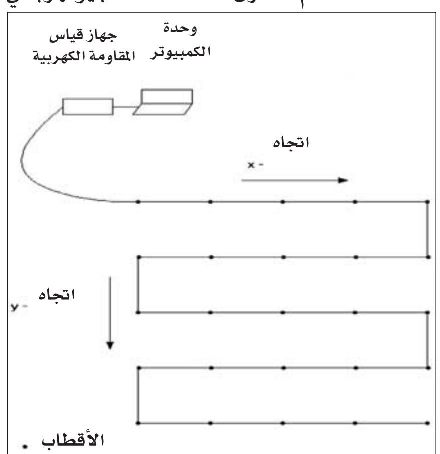
تعد هذه الطريقة أقل طرق الاستكشاف الجيوكهربائي انتشاراً نظراً للتكلفة العالية والجهد والوقت اللازمين لتجميع البيانات، بالإضافة إلى عدم إمكانية إجراء القياسات على مساحة كبيرة مقارنة بالطريقتين السابقتين.

تقوم هذه الطريقة على خطوتين هما:

- **تجميع البيانات**: وفيها يتم توزيع الأقطاب في الاتجاه (x) لإجراء القياسات، ثم استخدام نفس أماكن الأقطاب لإجراء القياسات في الاتجاه (y)، شكل (٤).
- **التحليل**: وذلك للحصول على نموذج ثلاثي الأبعاد لتمثيل ماهو موجود تحت سطح الأرض. حيث يتم تقسيم نموذج التحليل إلى عدد من الخلايا، ومن ثم حساب قيم المقاومة داخل كل خلية، وبمقارنة النتائج مع البيانات المقاسة يمكن الوصول إلى أقل قيمة للفرق بين البيانات المقاسة والمحسوبة، وبالتالي الحصول على توزيع قيم المقاومة في الاتجاهات الثلاثة.

التطبيقات

تستخدم طرق الاستكشاف الجيوكهربائي



■ شكل (٤): ترتيب الأقطاب في المسح ثلاثي الأبعاد.

في العديد من المجالات منها:

١- دراسات استكشاف المياه الجوفية الضحلة والعميقة، والتعرف على التراكيب الجيولوجية تحت السطحية، مثل: رسوبيات الحصى، وطبقات الطين.

٢- التنقيب عن المعادن بشتى أنواعها.

٣- تحديد سمك الطبقات المتماسكة على السطح.

٤- تحديد أساس وعمق صخور القاعدة.

٥- تحديد وتحليل كامل البنية تحت السطحية للسدود.

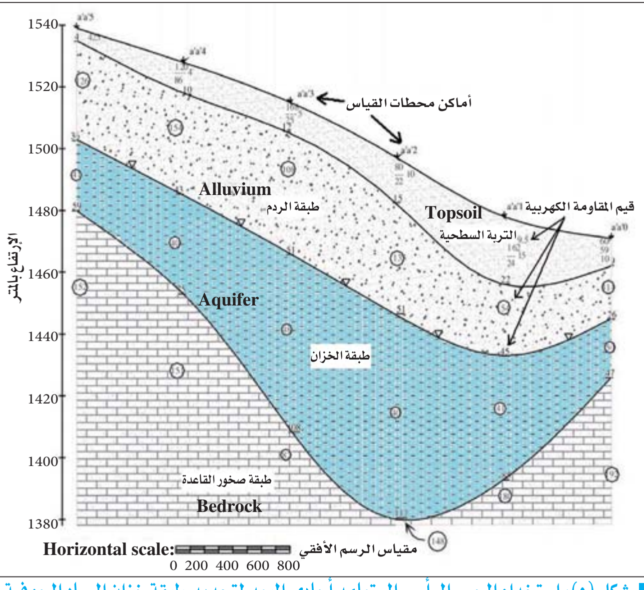
٦- استكشافات الآثار.

٧- الكشف عن مصادر التلوث البيئي.

من أهم الأمثلة التطبيقية لطريقة الاستكشاف الجيوكهربائي ما يلي:

● تحديد خزانات المياه الجوفية

تعد المياه الجوفية مصدراً مهما من مصادر الثروة المائية. ولذا يجب معرفة أماكن وأعماق تواجد هذه الخزانات لتحقيق الأمن المائي. تتميز الطبقات الحاملة للمياه الجوفية بقيم مقاومة كهربائية أقل من الطبقات التي فوقها وتحتها؛ مما ساهم في نجاح تطبيق طريقة الاستكشاف الجيوكهربائي في تحديد أماكن

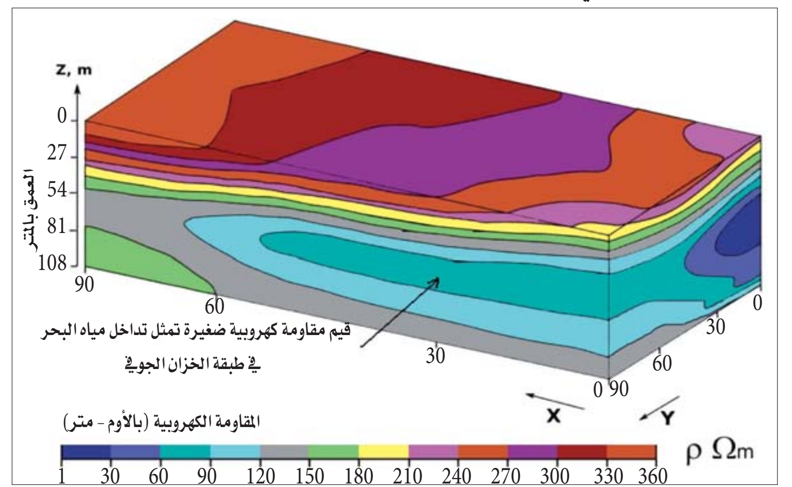


■ شكل (٥): استخدام الجس الرأسي المتعامد أحادي البعد لتحديد طبقة خزان المياه الجوفية.

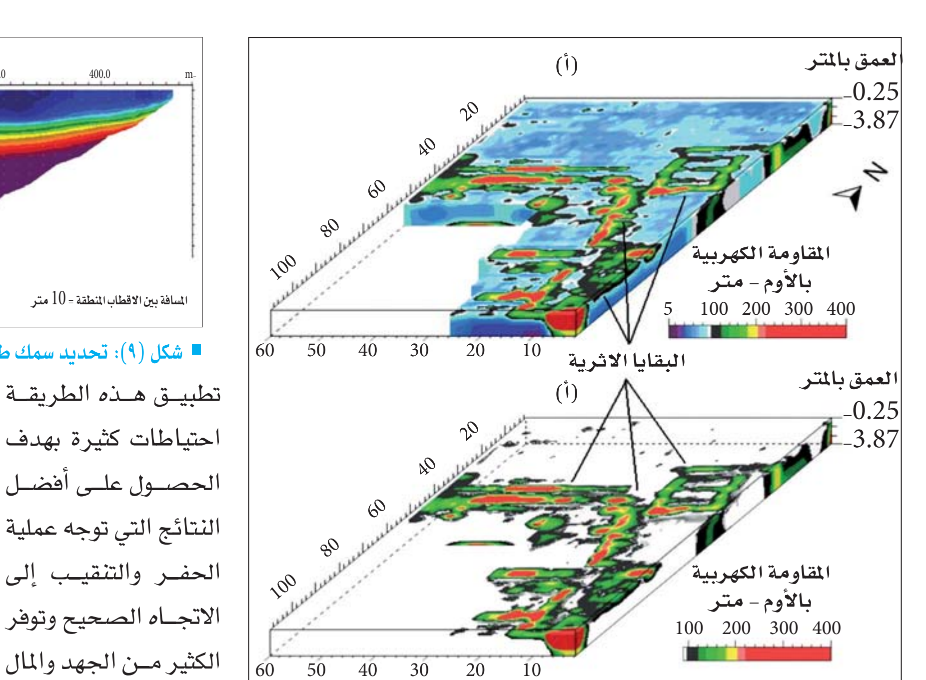
وأبعاد وخصائص خزانات المياه الجوفية بأعماقها المختلفة، شكل (٥).

● تداخل مياه البحر مع الخزان الجوفي

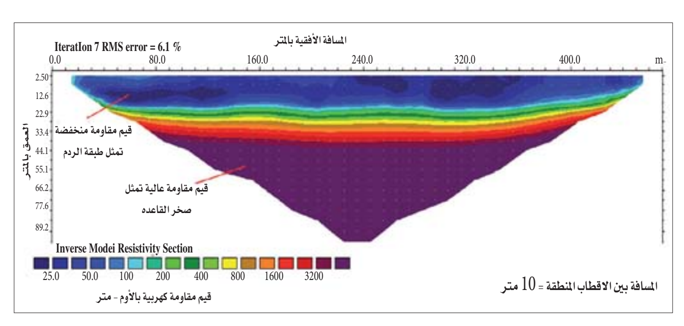
من المعلوم أنه في المناطق الساحلية المطلة على البحار تكون خزانات المياه الجوفية جنباً إلى جنب مع تداخلات المياه المالحة؛ مما يتطلب معرفة إلى أي مدى يحدث هذا التداخل في عمق التربة بين نوعي المياه. وقد تمكن الباحثون من معرفة حدود هذا التداخل وتتبعه من خلال الفرق بين قيم التوصيلية الكهرابائية للمياه العذبة والمياه المالحة، ومن ثم يمكن اختيار أماكن حفر أبار المياه العذبة في المناطق الساحلية، شكل (٦).



■ شكل (٦): تداخل مياه البحر (قيم مقاومة منخفضة) فى اتجاه (X) اسفل الطبقة السطحية (قيم مقاومة عالية)



■ شكل (٧): تمثيل ثلاثي الأبعاد لبقايا جدران أثرية من العصر الروماني بشمال شرق اناطوليا -تركيا.



■ شكل (٩): تحديد سمك طبقة الردم للوصول إلى الطبقة الصلبة ودراسة مدى تجانسها.

● البحث عن الآثار

تعد البقايا الأثرية من الكنوز المهمة المدفونة تحت سطح الأرض على أعماق ضحلة. وقد لعبت طريقة المقاومة الجيوكهربائي دوراً مهما في تحديد أماكن وأبعاد تلك البقايا خاصة الجدارية، لأنها تتميز - غالبا - بقيم مقاومة كهربائية أعلى من الصخور المحيطة بها. ويتطلب تطبيق هذه الطريقة احتياطات كثيرة بهدف الحصول على أفضل النتائج التي توجه عملية الحفر والتنقيب إلى الاتجاه الصحيح وتوفر الكثير من الجهد والمال والوقت، شكل (٧).

● الكشف عن الألغام الأرضية

يعد وجود الألغام تحت سطح التربة من معوقات عمليات التنمية نتيجة هدر الكثير من الثروات بلا أدنى استغلال، فضلاً عن تأثيرها القاتل للإنسان. وقد ساهمت طريقة المقاومة الكهربائية الأرضية في هذه المجال عن طريق استخدام الأقطاب الحثية والتي لا يتطلب تجميع البيانات فيها اتصال مباشر بسطح الأرض، فجاءت النتائج مشجعة لبذل المزيد من الجهد لتطوير الطريقة، لكي تعمل مع مثيلاتها من الطرق الكهرومغناطيسية الأخرى في الكشف عن الألغام الأرضية، شكل (٨).

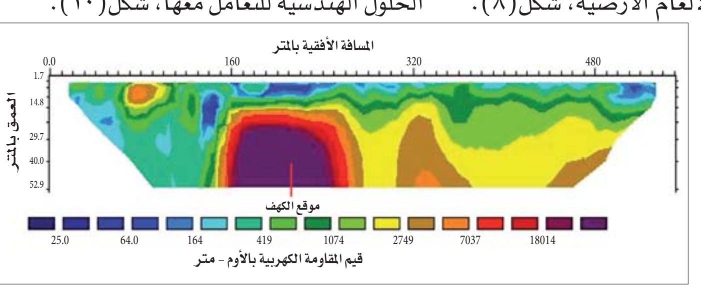
■ شكل (٨): نتائج تحليل بيانات المقاومة الكهربية ثلاثية البعد للكشف عن الألغام المعدنية (P) وغير المعدنية (M) المدفونة على أعماق مختلفة (١، ٢، ٣ متر) فى وسط رطب ووسط جاف

● الإنشاءات الهندسية

يتطلب إنشاء أي مبنى - سواء كان متواضعا أو شاهق الارتفاع - وضع الأساسات على طبقة صلبة ومتجانسة نوعاً ما للمحافظة على سلامة المبنى، وهذا يتطلب إجراء القياسات الجيوكهربائية لمعرفة سمك طبقة الصلبة الردم للوصول إلى هذه الطبقة الصلبة، وأيضاً معرفة مدى تجانس وملائمة طبقة القاعدة لتصميم المنشأ الهندسي، فضلاً عن اختيار أنسب أساليب التأسيس. وفي هذا الإطار لعبت المقاومة الجيوكهربائية دوراً مهماً لإعطاء تصور كامل وسريع وغير مكلف مقارنة بطرق الحفر والجس التقليدية ،شكل (٩).

● تكهفات الصخور الجيرية

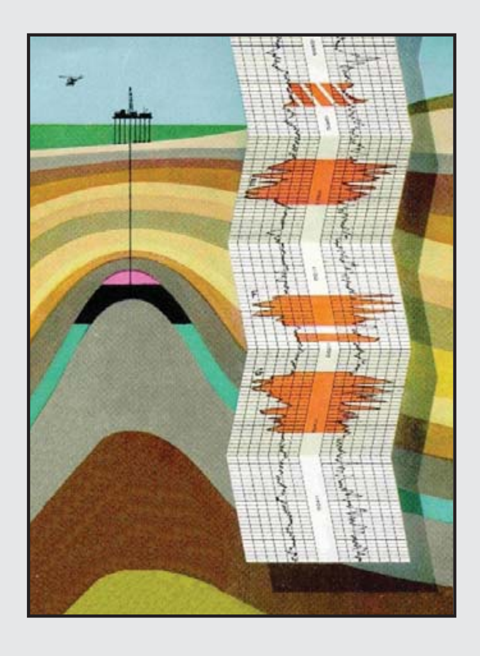
تعد التكهفات المتكونة في الطبقات الجيرية من أهم وأخطر المشاكل الهندسية التي تواجه العديد من الإنشاءات الحيوية داخل المدن. لما تسببه من انهيار المنشآت التى تقام فوقها . ونظراً لأن التكهفات غالباً تكون مملوءة بالهواء أو بمواد منخفضة المقاومة الكهربائية عما يحيط بها من صخور، فقد أعطت الطرق الجوفيزيائية وفيها الطرق الجيوكهربائية نتائج فعّالة في تحديد أماكن وأبعاد وأعماق تلك التكهفات، ومن ثم إيجاد أنسب الحلول الهندسية للتعامل معها، شكل (١٠).



■ شكل (١٠): يوضح الشكل مكان وأبعاد احد الكهوف تحت السطحية والذي يتميز بمقاومة كهربية عالية نسبيا عن الوسط المحيط.

السبر الجيوفيزيائي للآبار

أ.د. حمدي اسماعيل حسانين



يعرف السبر الجيوفيزيائي للآبار (Geophysical bore hole logging) بأنه علم تسجيل وتحليل قياسات الخواص الفيزيائية والكيميائية وغيرها لمكونات الآبار وما حولها، على أعماق محددة باستخدام مجموعة من المسابر (Sondes) تحمل أجهزة معزولة عن سائل الحفر الغريني (Drilling mud) داخل البئر.

تمت أولى تجارب السبر الجيوفيزيائي للآبار عام ١٩١٢م بواسطة **كونراد شلمبرجير** (Conrad Schlumberger)، ثم تبعه دول **(H. G. Doll)** في الخامس من سبتمبر عام ١٩٢٧م، بإجراء أول تسجيل كهربائي (Electric log) في منطقة ألساكي لوري في فرنسا، وفي عام ١٩٤٢م قام أرشي **(G. E. Archie)** - كان يعمل في شركة شل - بنشر بحث في أمريكا موضحاً فيه أن المقاومية الكهربائيةُ (Electrical resistivity) للتكوين الجيولوجي المشبع تماما بالماء تتناسب طرديا مع مقاومية الماء الموجود بهذا التكوين.

تطورت - مع مرور السنين - طرق السبر الجيوفيزيائي، وظهر العديد من تقنياته التي تعتمد على قياس الخواص: الكهربائية، والإشعاعية، والحرارية، والصوتية للصخور المحيطة بالبئر.

تهدف قياسات سبر الآبار إلى الكشف عن البترول، والخامات المعدنية، والمياه الجوفية، والأغراض الهندسية، وذلك باستخدام التقنيات الحديثة التي تعمل بالحاسب الآلي مع برامج حديثة لتفسير نتائج هذه القياسات. ونظراً لتعدد أنواع الصخور والبيئات الجيولوجية المختلفة فقد تعددت تقنيات سبر الآبار لتلائم مختلف أنواع الصخور والبيئات، وكذلك طرق الحفر المختلفة وأساليبها.

تعد المعلومات التي يتم الحصول عليها أثناء عمليات حفر الآبار غير دقيقة - إلى حد ما - ولا يمكن الاعتماد عليها في تفسير النموذج الجيولوجي تحت السطحي للطبقات، وذلك للعوامل التالية:

- تأثير ذوبان وتحلل نواتج الحفر في خليط الحفر الذي يستخدم لتبريد رؤوس الحفر.
- اختلاف درجة تماسك المتكونات الجيولوجية التي يخترقها البئر نتيجة تركيبها الصخري، ودرجة تأثرها بخليط الحفرخصوصاً طبقات الطفل.
- اختلاط راشح خليط الحفر مع السوائل التي تحتويها الطبقات، مما يغير صفات الخليط.
- تساقط الفتات الصخرية في البئر أثناء عملية الحفر؛ مما يجعل المعلومات المستخلصة من التقاط هذا الفتات عند سطح البئر غير ممثل للطبقات.

ومن هنا كانت الحاجة ملحة لإجراء السبر الجيوفيزيائي للآبار للحصول على المعلومات التي يمكن استخدامها في العديد من التطبيقات الجيوفيزيائية المهمة.

تقنيات السبر الجيوفيزيائي للآبار

يتكون نظام السبر الجيوفيزيائي من مسبار (Sonde)، وكوابل وأجهزة عرض وطبع البيانات وتخزينها - مثل الطابعات والشاشات الملحقة بأجهزة الحاسب الآلي - ومصادر للطاقة اللازمة لمعالجة هذه البيانات، شكل (١). كما تحتوي وحدة سبر الآبار على كافة المجسات (Sensors) الضرورية لسبر آبار قد يصل عمقها لأكثر من ٣٠٠٠ متر. ويتم عرض القياسات التي يتم الحصول عليها بيانياً كتسجيل جيوفيزيائي، فضلاً عن تخزينها رقمياً لاستخدامها في تفسير التغيرات الصخرية والتركيبية المسجلة مع العمق.

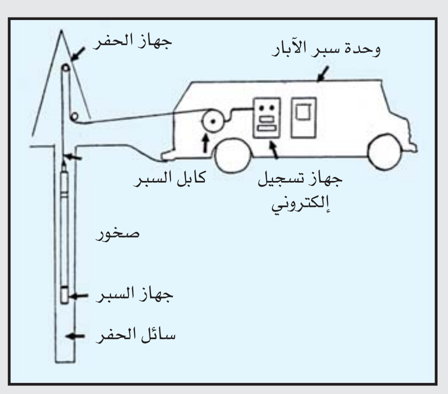
تتعدد أنواع وتقنيات سبر الآبار بحيث تتلاءم مع قياس المعاملات المطلوب قياسها، وصفات التكوينات الصخرية التي يخترقها البئر مع اختلاف الظروف، وتنقسم المسابر الجيوفيزيائية إلى عدة أنواع هي:

● المسابر الكهربائية

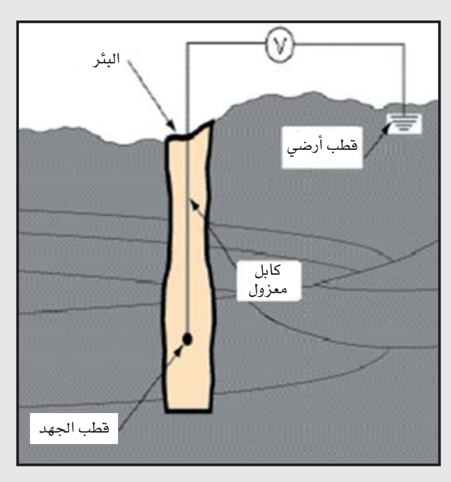
تشتمل المسابر الكهربائية (Electrical logs) على ثلاثة أنواع هي:

■ **مسابر الجهد الذاتي (Self-potential logs):** وتقيس درجة نفاذية (Permeability) الصخور التي يخترقها البئر، شكل (٢)، وذلك بقياس الجهد الذاتي الناتج بين سائل الحفر والماء داخل مسام التكوين الصخري. يستخدم مقياس الجهد الذاتي - غالباً - في التمييز بين طبقات الحجر الرملي والطفلي، كما يحدد نسبة الغرين في الطبقة، فضلاً عن استخدامه في تحديد مقاومية ماء التكوين الصخري المطلوبة كأحد المعاملات المهمة لحساب درجة التشبع بالماء.

■ **مسابر المقاومية الكهربائية (Resistivity logs):** وتستخدم في التعرف



■ شكل (١) مكونات وحدة سبر الآبار.



■ شكل (٢) مسبار الجهد الذاتي.

على درجة تشبع الصخور بالمياه أو الزيت أو الغاز وتحديد الطبقة الحاملة لها عن طريق قياس المقاومية الكهربائية التي تختلف باختلاف درجة مسامية الصخور، وأنواع السوائل الموجودة بداخلها، ودرجة تشبعها، ويبين شكل (٣)، التسجيل الناتج لكل من مسباري الجهد الذاتي والمقاومية الكهربائية.

تنقسم مسابر المقاومية الكهربية إلى قسمين مختلفين - بحسب نوع المسبار المستخدم في حمل أجهزة القياس - هما:

■ **مسابر طويلة المسافات بين الأقطاب الكهربائية (large spacing sonde):** وتسمح بتثبيت الأقطاب الكهربائية على مسافات متغيرة لقياس المقاومية الكهربائية للنطاقات المختلفة حول البئر، وهي تنقسم إلى ثلاثة أنواع كالتالي:

١- **مسابر عمودية:** وتقيس النطاق المغمور براشح خليط الحفر (Invaded zone). وتنقسم إلى نوعين هما:

(أ)- **مسابر عمودية قصيرة:** وفيها تصل المسافة بين قطب إرسال التيار الكهربائي وقطب استقبال الجهد إلى ١٦".

(ب)- **مسابر عمودية طويلة:** وفيها تزيد المسافة بين قطب المرسل وقطب المستقبل إلى ٦٤"، وذلك لقياس النطاق الصخري الذي لم يغمره راشح الحفر، شكل (٤).

٢- **مسابر جانبية (Latero-log):** وتصل فيها المسافة بين المرسل والمستقبل إلى ١٨" ١٨`م وتستخدم لقياس المقاومية الكهربائية للطبقات السميكة (> ١٠م)، حيث تكون منطقة غزو المياه بعيدة عن البئر،شكل (٥).

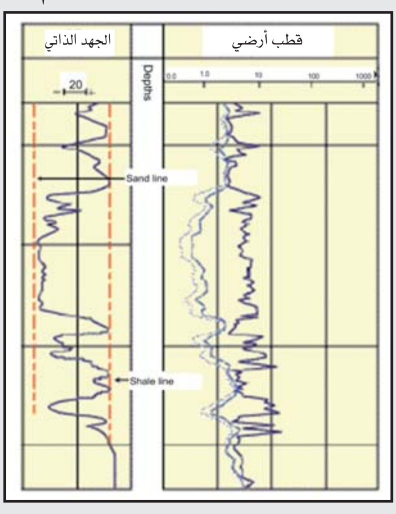
٣- **مسابر تركيز التيار جانبياً (Focused latero-logs):** وتستخدم لقياس المقاومية الكهربائية لنماذج مختلفة من الطبقات يتراوح سمكها بين ٣٥ سم إلى عدة أمتار، وذلك بتركيز انتشار التيار بكثافة عالية خلال الجزء الأوسط من الطبقة الصخرية محدثاً منطقة مشبعة بالتيار. ينتج عنها جهد كهربائي مناسب للقياس عند أقطاب الجهد مهما كانت قيمة توصيلية الطبقة (Layer conductivity) أو ملوحة سائل الحفر. يوضح الشكل (٦) ثلاثة أنواع من مسابر تركيز التيار جانبياً:

(أ) **مسبار جانبي ٣** : ويشتمل على ثلاث شرائح طولية لإرسال التيار وتركيزه داخل النطاق الصخري المحيط بالشريحة الوسطى منها.

(ب) **مسبار جانبي ٧** : ويعمل على نشر التيار بشكل جانبي.

(ج) **المسبار الكروي:** ويعمل على نشر التيار بشكل كروي حول نقطة القياس. يبين شكل (٧) المسبار الكهربائي الجانبي المزدوج (Dual laterolg) حيث يمكن استخدامه لقياس الطبقات السميكة والرقيقة على حد سواء.

- **مسابر قصيرة المسافات بين الأقطاب الكهربية (Small spacing sonds):** وتقيس المقاومية الكهربائية داخل البئر بالإضافة إلى كل من طبقة الحلقة الطينية (Mud cake) - التي تتكون على جدار البئر - والطبقة المغسولة (Flushed zone) المجاورة لها. تستخدم عملية



■ شكل (٣) تسجيل ناتج من مسباري المقاومية الكهربائية و الجهد الذاتي.

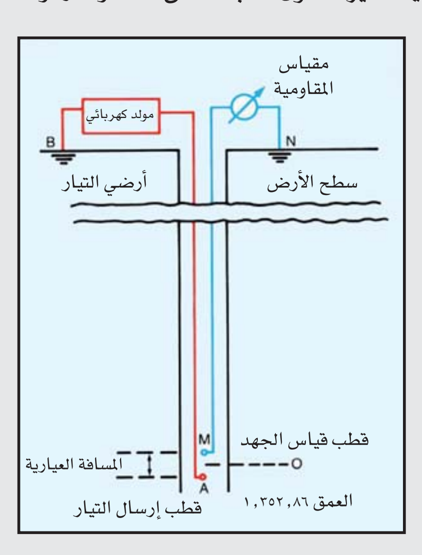
سبر كاليبر (Caliper log) - أحد أنواع المسابر قصيرة المسافات - مجموعة من المسابر التي تثبت الأذرعة الحاملة لها بحيث تكون ملاصقة لجدار البئر مهما اختلف قطره، ويمكن التحكم فيها آلياً، كما في حالة مسبار المقاومية الدقيقة (Micro resistivity log)، ومسبار الجانبية الدقيقة للمقاومية (Microlaterolog, MLL)، ومسابر المقاومية الدقيقة للمقاومية (Micro SFL)، ومسبار المقاومية القريبة (Proximity log).

■ **المسبار التأثيري (Induction log):** ويقيس المقاومية الكهربائية للصخور والمياه حول البئر عند استخدام سائل حفر غير موصل (Oil base mud)، وذلك لتعذر استخدام المسابر الكهربائية السابقة، وفيها تستبدل أقطاب التيار الكهربائي بملفات إرسال (Transmitter coils)، شكل (٨)، يتم من خلالها إرسال تيارا تأثيري داخل طبقات البئر.

تستخدم تسجيلات المسبار التأثيري للحصول على معلومات تفصيلية عن الطبقات الرقيقة لتقليل تأثيرات سائل الحفر، مع إمكانية استخدام ملفات إضافية لتركيز التيار حتى يخترق النطاقات البعيدة عن البئر، ولذلك تسمى هذه المسابر بمسابر المقاومية الكهربائية التركيزية التأثيرية (Focused-induction log) .

● **المسابر الإشعاعية**

تساعد المسابر الإشعاعية (Radioactive logs) في تقدير محتوى الطبقات من نفط أو غاز أو ماء،



■ شكل (٤) مسبار الكهربائية العمودية.

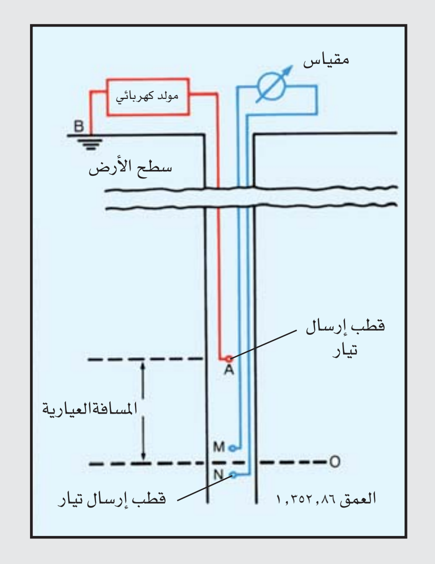
وتنقسم إلى ثلاث مجموعات مختلفة هي:

■ **مسابر أشعة جاما الطبيعية (Natural gamma rays):** وهما نوعان، أحدهما يقيس الإشعاع الكلي في الطبقات الصخرية، والآخر يقيس الطيف الإشعاعي الذي يحدد نوعية الصخور بحسب نسبة الإشعاع الناتج من كل من عناصر البوتاسيوم واليورانيوم والثوريوم، شكل (٩).

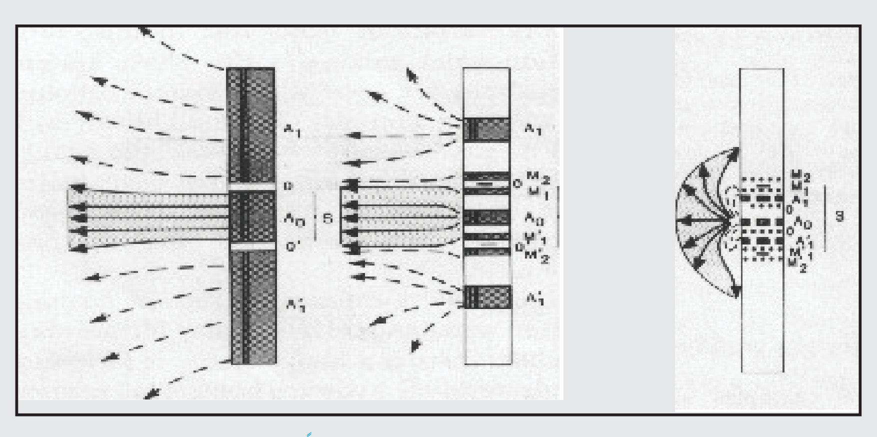
يتم تسجيل أشعة جاما الطبيعية في كل من الآبار المبطنة وغير المبطنة، حيث تنبعث هذه الإشعاعات (من عنصر اليورانيوم -٢٣٨، والثوريوم -٢٣٢ ونظائرهما، وعنصر البوتاسيوم -٤٠) من الرواسب دقيقة الحبيبات مثل الطفل الغرين والسيلت - عادة - أكثر من الحجر الرملي والحجر الجيري والدولوميت؛ لذلك فإنها تستخدم لتحديد طبقات الطفلة التي يصعب تمييزها، وتحديد سمكها حتى لو كانت مالحة، كما يستخدم تسجيل أشعة جاما للمضاهاة بين الوحدات الجيولوجية بين الآبار، حيث توضح هذه التسجيلات أشعة جاما المنبعثة.

■ **مسبار جاما - جاما أو مسبار الكثافة (Gamma-Gamma log or density log):** ويستخدم في تحديد الطبقات المحتوية على الغاز، وفي الاستكشاف المعدني، وفي الأغراض الهندسية، والكشف عن المياه الجوفية.

تتمثل آلية عمل هذا المسبار في احتوائه على مصدر مشع لانبعاث أشعة جاما لتسليطها



■ شكل (٥) مسبار المقاومية الكهربائية الجانبي.



■ شكل رقم (٦) مسابر المقاومية الكهربائية لتركيز التيار جانبياً.

على التكوينات الصخرية عبر حائط البئر، شكل (١٠)، فتصطدم بإلكترونات المتكون الصخري حيث تفقد جزءاً من طاقتها عند هذه الإلكترونات، وتمضي بما تبقى لديها من طاقة عائدة إلى المستقبل - المثبت على مسافة محددة من المصدر - ليتم تسجيلها. يتناسب العدد الإشعاعي المسجل عند المستقبل مع الكثافة الكلية (Bulk density) للمتكون، وبمعلومية كثافة المادة اللاحمة (Matrix density) يمكن تحديد مسامية التكوينات الصخرية المحيطة بالبئر، باستخدام المعادلة التالية:

$$\phi = \frac{\rho_{matrix} - \rho_{bulk}}{\rho_{matrix} - \rho_{fluid}}$$

حيث:

ϕ مسامية التكوينات الصخرية

p matrix كثافة المادة اللاحمة

p bulk الكثافة الكلية

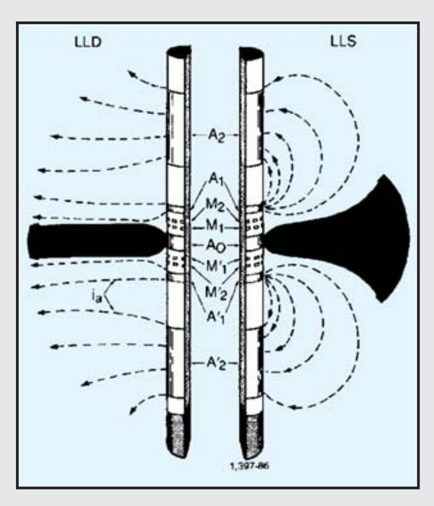
p fluid كثافة السوائل الموجودة في مسام الصخور

■ **المسبار النيوتروني (Neutron log):** ويستعمل في تحديد الطبقات المتماسكة والمضغوطة في الآبار المغلفة وغير المغلفة، كما يستخدم في معرفة الفتحات الموجودة في تبطين البئر.

تعتمد نتائج السبر النيتروني على مدى احتواء التكوينات الصخرية لذرات الهيدروجين التي يتم قذفها بالنيوترونات من خلال مصدر نووي، شكل (١١). عندما تتصادم هذه النيوترونات مع ذرات الهيدروجين فإنها تحدث فيضا من الطاقة الحرارية النيوترونية تصل إلى المستقبل (المجس) بكمية تتناسب مع محتوى الطبقة الصخرية من الهيدروجين. تتناسب كمية الطاقة المسجلة مع مقدار مسامية الصخر، سواء كانت تلك المسام مليئة بالماء أو بالهيدروكربونات. لذلك يعد هذا النوع من المسابر مناسب للتعرف على المسامية في جميع ظروف البئر سواء كان مبطناً بالصلب أو بالبلاستيك وحتى داخل مواسير الحفر.

● **مسابر الموجات الصوتية**

تعتمد مسابر الموجات الصوتية (Acoustic-logs) على إرسال موجات صوتية عالية التردد - باستخدام مرسل متحرك داخل البئر، شكل (١٢) - تنتشر في سائل الحفر والمتكونات الصخرية المحيطة بالبئر حتى تصل إلى مستقبل مثبت في المجس على مسافة محددة من مصدر الموجات. ومن خلال قياس الزمن



■ شكل (٧): مسبار المقاومية الكهربائية الجانبية المزدوجة. (A1 ، A0 أقطاب التيار، M1 ، M2 تمثل أقطاب الجهد).

الذي تقطعه هذه الموجات للوصول إلى المستقبل، يمكن تحديد سرعة الموجات الصوتية خلال مكونات طبقات الصخور – تتكون من مادة لاحمة (Matrix) ومادة مائعة تملأ المسام (Fluids) – المحيطة بالبئر والتي تختلف باختلاف نوعية الصخور ومساميتها الكلية. لذلك تعبر القيمة المقاسة فى مسابر الموجات الصوتية (Δt_{log}) عن المسامية طبقاً للمعادلة التالية:

$$\phi_{sonic} = \frac{\Delta t_{log} - \Delta t_{ma}}{\Delta t_{f} - \Delta t_{ma}}$$

حيث :

$\phi sonic$: المسامية المحسوبة باستخدام نتائج السابرة الصوتية Δt_{log}

Δt_{ma} : قيمة الزمن المقطوع خلال مسافة محددة في المادة اللاحمة من الصخر.

Δt_{f}: قيمة الزمن المقطوع خلال مسافة محددة في الموائع التى تملأ فراغات الصخر.

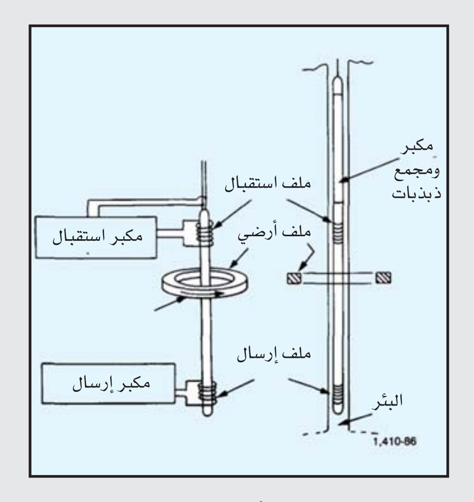
● **مسابر خاصة**

هناك أنواع عديدة من المسابر تم تصميمها لمهام خاصة داخل البئر، منها:

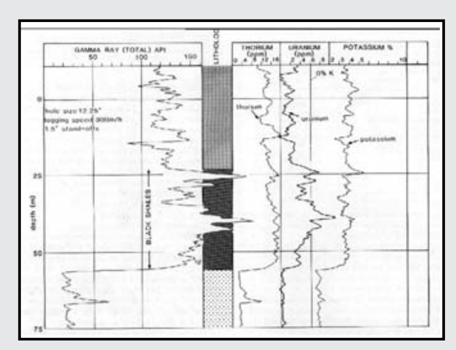
■ **مسبار الحرارية الأرضية**: ويستخدم لقياس الخواص الحرارية للتكاوين الصخرية.

■ **مسبار القابلية المغناطيسية والاستقطاب المستحث**: ويستخدم بدرجة كبيرة في الاستكشاف المعدني.

■ **مسبار الجاذبية**: ويستخدم لقياس عجلة



■ شكل (٨): مسبار تأثيري .



■ شكل (٩): تسجيل إشعاع جاما الطيفي .

الجاذبية الأرضية على أعماق مختلفة داخل البئر.

■ **مسباري سرعة تدفق وجودة المياه**: ويستخدمان في مجال استكشاف المياه الجوفية.

تطبيقات سبر الآبار

يمكن استخدام السبر الجيوفيزيائي للآبار في الحصول على المعلومات والبيانات التالية :

– أنواع الصخور المختلفة داخل البئر، والتكوينات الصخرية الحاملة للمياه.

– تحديد جودة المياه، وحالة الطبقة الأسمنتية المحيطة بأنابيب تغليف الآبار.

– تحديد الفواصل بين أنابيب التغليف.

– تعيين مسامية ونفاذية التكوينات الصخرية.

– تحديد التغير في قطر البئر قبل التغليف.

– معرفة سمك التكوينات الصخرية.

– تحديد مدى تشبع الصخور بالبترول أوالغاز أوالمياه.

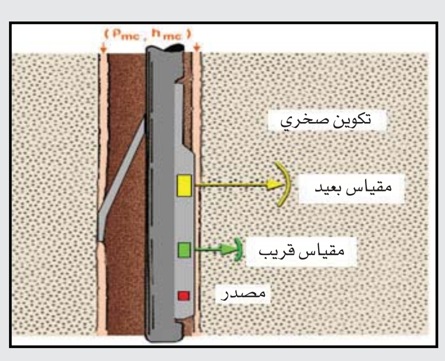
– التعرف على نطاقات التمعدن في حالة الاستكشاف المعدني.

– التعرف على طول التبطين في البئر وحالته وأماكن الكسور فيه، وتحديد العمق الكلي للبئر وعمق مستوى المياه أو البترول أو الغاز فيه.

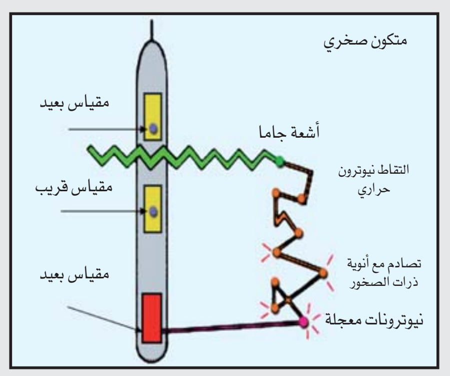
– تحديد المناطق المنتجة للمياه، ومناطق التسرب داخل البئر.

– تقويم الخزان الجوفي وذلك بمضاهاة النتائج بين مجموعة من الآبار في منطقة الاستكشاف.

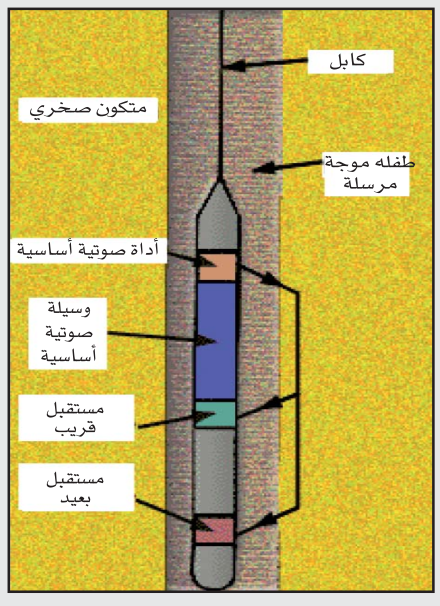
– دراسة البيئات الترسيبية و تصميم الآبار الإنتاجية.



■ شكل (١٠) مسبار الكثافة الإشعاعي.



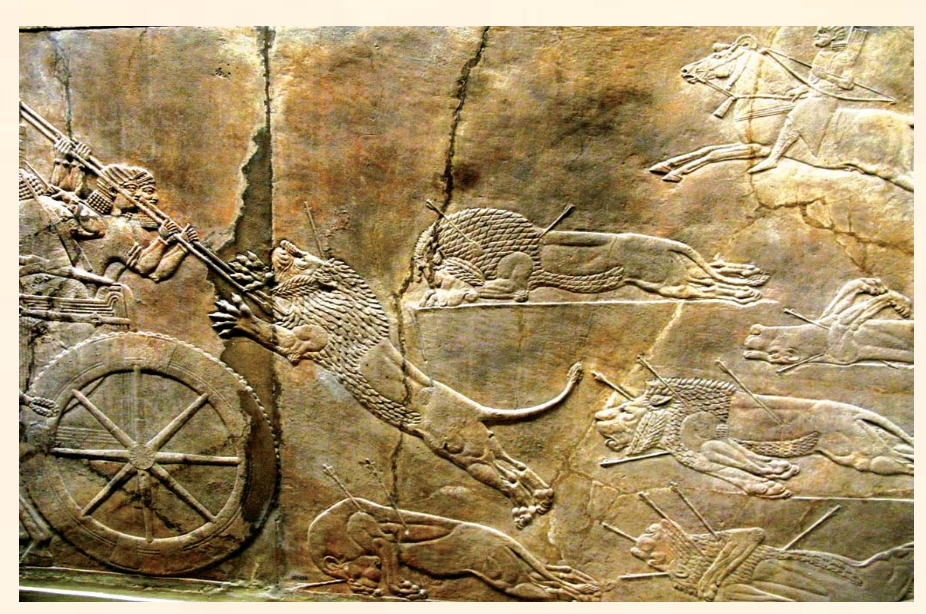
■ شكل (١١) المسبار النيتروني.



■ شكل (١٢) مسبار الموجات الصوتية.

المراجع

-Society of Professional Well Log Analysts (1975). Glossary of terms & expressions used in well logging. Houston, Texas: SPWLA. p. 74 p.. ISBN None.
-Sengel, E.W. «Bill» (1981). Handbook on well logging. Oklahoma City, Oklahoma: Institute for Energy Development. p. 168 p.. ISBN 08-112-89419-.
-Hilchie, Douglas W. (1990). Wireline: A history of the well logging and perforating business in the oil fields. Boulder, Colorado: Privately Published. p. 200.
-Pike, Bill; Rhonda Duey (2002). «Logging history rich with innovation» (– Scholar search). Hart›s E&P: 52–55.



الجيوفيزياء والآثار

د. عبدالعزيز بن عبدالله بن لعبون

يبحث علم الآثار في جميع المخلفات البشرية (المادية والفكرية) على مر العصور؛ مؤدياً إلى الكشف عن حضارات الشعوب واستخلاص أكبر كمية ممكنة من المعلومات من خلال تلك المخلفات؛ وهذا بلا شك يتطلب الكثير من الجهد والوقت والمال، لأن تلك الآثار تكون - في الغالب - مطمورة تحت طبقات من الأتربة، ولا يمكن رؤيتها مباشرة، ولذلك كان اكتشاف الآثار في الماضي يعتمد بالدرجة الأولى على الصدفة، ولكن مع مرور الوقت تطورت وتعددت وسائل الكشف عنها، لتشمل الطرق الجيوفيزيائية التي تعد من أهم تلك الوسائل، حيث تم استخدامها في كثير من البلدان للكشف عن المواقع الأثرية، منها على سبيل المثال مصر والسعودية والأردن والعراق وغيرها.

تساهم التطبيقات الجيولوجية بشكل عام والجيوفيزيائية بشكل خاص في الكشف عن المواقع الأثرية، من خلال التباين في الألوان والخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة والصخور ومواد المنشآت والأجسام الأثرية فوق سطح الأرض والمدفونة في باطنها. إن لهذه التطبيقات فوائد عظيمة الأهمية فهي بجانب ما توفره من وقت وجهد ومال تساعد على كشف المواقع الأثرية في مناطق يصعب الوصول إليها أو مناطق تغمرها المياه أو يغطيها الجليد أو الكثبان الرملية أو التربة أو الحرات، كما يستفاد من هذه التطبيقات للكشف عن الآثار دون إتلافها بعمليات حفر عشوائية. ولقد ساعدت برامج الحاسوب الحديثة على تطوير قدرات الاستفادة من المعلومات الجيوفيزيائية بمعالجتها للحصول على أفضل النتائج.

تعتمد عمليات الكشف الجيوفيزيائي عن الآثار المدفونة تحت السطح على التباين في الخصائص الفيزيائية بين مواد المواقع الأثرية وما تحتويه من مواد ومنشآت بنائية وغيرها. ومن الجدير بالذكر أن طرق الكشف هذه تتطلب مهارة عالية ودقة متناهية لصعوبة التعرف على الآثار المدفونة، بسبب: صغر حجمها، ومحدودية انتشارها، وعدم تجانسها، وتشابه موادها مع ما يحيط بها ويتداخل معها من مواد، وهذا يؤدي إلى صعوبة التعرف على الآثار. وللحصول على أفضل النتائج لابد من التعرف على أبرز الخصائص الفيزيائية للمواقع الأثرية لاختيار ما يناسبها من الطرق الجيوفيزيائية.

طرق الكشف عن الآثار

دخل علم الجيوفيزياء في مجال الكشف عن الآثار، معتمداً على معظم الطرق الجيوفيزيائية في هذا المجال، حيث يعمل على تفسير القياسات الجيوفيزيائية التي تؤخذ على سطح الأرض قبل البدء بعملية الحفر والتنقيب.

تعتمد الطرق الجيوفيزيائية في الكشف عن الآثار على مبدأ وجود الاختلاف في الخواص الفيزيائية بين الجسم الأثري والمواد المحيطة به، فيؤدي هذا الاختلاف إلى حدوث شذوذات أو انحرافات (Anomalies) سالبة أو موجبة في القراءات الحقلية المقاسة فوق الأماكن المطلوب الكشف عن الآثار بها، ولذلك تعد الطرق الجيوفيزيائية من أفضل الأساليب في مجال الاستكشاف والتنقيب عن الآثار، لأنها آمنة تماماً، بحيث تضمن اكتشاف الأبعاد التصميمية للتراكيب الأثرية، وطبيعة تكوينها، وأعمال المنشآت الأثرية المدفونة. كما أنها تتيح معرفة التكوينات الصخرية، وطبيعة الطبقات الحاملة للآثار، فيساعد ذلك على توجيه الأجهزة والدوائر المعنية باكتشاف الآثار والجهات المسؤولة عند بدء عملية التنفيذ والاستخراج، ومن أهم الطرق الجيوفيزيائية المستخدمة في الكشف عن الآثار، ما يلي:

● الاستشعار عن بعد

على الرغم من أن تقنية الاستشعار عن بعد تقنية حديثة نسبياً إلا أنها شملت آفاقاً مختلفة من التطبيقات في مجالات الحياة واستخدامات الأرض، وكان من بينها استكشاف الآثار، خاصة تلك المدفونة تحت سطح الأرض إلى عمق معين.

تعتمد تقنية الاستشعار عن بعد على مدى التباين في الظلال والألوان بين المواقع الأثرية وبين ما يحيط بها من صخور أو أتربة، وهي تتم باستخدام تقنيتين هامتين، هما:

■ **التصوير الجوي:** ويعد من أقدم التطبيقات في الاستكشافات الأثرية، والذي ساعد في الحصول على تصاميم دقيقة، حيث تقوم الطائرة بالتحليق فوق المنطقة المراد استكشافها وتصويرها، وإذا لم يكن بالإمكان الحصول على طائرة فعلية لإجراء هذا التصوير، فيمكن استخدام طائرة الورق أو البالونات الهوائية لتحقيق الغرض، أما عن كيفية التصوير فيتم بواسطة جهاز تصوير آلي مثبت جيداً تحت الطائرة أو البالون بعد ضبطه، ثم يقذف بأقصى سرعة إلى الأعلى. يفضل



عنـد محاولة استكشـاف موقعاً أثرياً باسـتخدام هـذه التقنيـة الانطـلاق عند شـروق الشـمس أو عنـد غروبهـا، لأن التصويـر في هـذه السـاعـات هـو الأفضـل بسـبب أن الظلال ترسـم الخطوط وتوضحها، ويتم مـن خلالها تحديد المعالم بدقة، ولقـد ساهمت هـذه الطريقة في تصويـر العديد مـن المواقع الأثريـة واستكشافهـا والحصول على مخطوطات وتصاميم سريعة لها.

■ **التصويـر الفضائـي الـراداري:** وقـد بـدأ في الستينيـات مـن القـرن الماضي، ويعتمـد على بث موجـات ذات طـول موجي وتـردد معينين، وضمن زاويـة بث خاصـة من هوائـي خاص في الطائرة أو القمـر الاصطناعـي. تصطـدم هـذه الموجات بالأرض والظواهـر الموجـودة عليهـا أو تحتهـا وتعـود لتنعكـس إلى الهوائـي مـرة أخـرى لتنتج صـوراً نقطيـة رادارية تتم معالجتهـا بالحاسبات الإلكترونية لزيـادة وضوحها. تُظهـر هذه الصور معظـم الظواهر الموجودة على السطـح أو تحته؛ بسبب اخـتراق الموجات الراداريـة لسطـح الأرض ووصولهـا إلى ما تحتـه. تكمن الفائـدة الأساسية مـن هذا التطبيق في الاختلافات التي تحدث لطور الموجات المخترقة لسطـح الأرض عند اصطدامها بأجسـام مختلفة في الكثافة عن مـا حولها؛ لذلك عنـد رجوعهـا إلى الهوائي مرة أخـرى وتسجيلها في القمـر الاصطناعي فإنها ستظهر بشدة ضوئية مختلفة عن ما حولها (أكثر بريقاً أو عتمة) بحسب نوع الجسم المدفون واتجاه سقوط الموجات عليه.

تمكن علماء الآثار باستخدام هذه التقنية من تمييز عدد من المجـاري النهرية القديمة المدفونة تحـت الرمال في المناطـق الصحراوية، وعدداً من الجدران والأبنية القديمة المطمورة تحت الأرض.

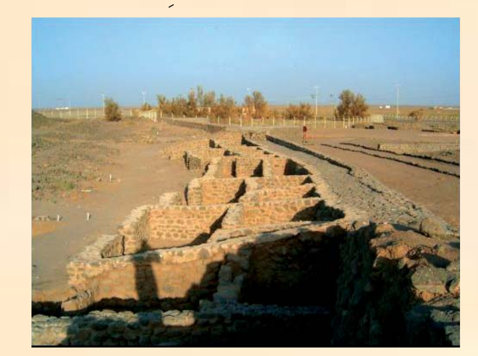
أصبـح استخـدام مثل هذه التقنيـة مفيداً في مناطق مختلفة من العالم، مثل: الصحراء الكبرى، وهضبـة التبـت في الصـين، ومتابعة قـرى وأبنية طريـق الحرير في أواسـط آسيا، وقد تم في العراق اختيـار منطقة قريبة من مدينة الصويرة كنموذج تطبيقـي، حيـث استخدمـت اللقطـات الفضائية للماسح الطيفي المتعدد (MSS) للقمر الصناعي لاندسـات، وتم تفسيرهـا، ورسم معالمهـا، كما تم إعداد خارطـة تمثل الأنهار القديمـة المطمورة في المنطقة، وكذلك مواقع المدن القديمة، والتي تظهر بشـكل تلال ومقارنتها بمقاطع مختارة من الصور الجويـة لموازنـة وضبط دقـة العمل، كذلـك أظهر استخـدام هـذه التقنيـة في مصر وجـود حجرات جديدة داخل هرم الملك خوفو، ووجود حجرة فيها معادن أسفل القدم اليمنى لتمثال أبي الهول.

● **الرادار الأرضي**

بدأ تطبيق تقنية الرادار الأرضي للكشف عن الآثـار المدفونة منذ خمسينيـات القرن الميلادي الماضي، ولكن لم يبـدأ الاستخدام التجاري لهذا الجهاز إلا في السبعينات منه.

يعتمـد استخـدام اخـتراق الـرادار الأرضـي (Ground Penetrating Radar) على حساب الفترة التي تستغرقها نبضات كهرومغناطيسية عالية التردد للانتقال من المصدر (الجهاز) لتخترق سطح الأرض إلى باطنها، ثم انعكاسها إلى الجهاز مرة أخرى. يتم التعـرف على الاختلاف بين طبقـات الأرض والتربة والأجسـام المدفونة طبقـاً لخصائصهـا الكيميائية والفيزيائيـة التي تعكـس إشـارات كهرومغناطيسية متباينة، فيتم معالجتها حسب برامج حاسوبية لتبين تفاصيل ما تحت السطح.

يقوم الرادار الأرضي بتصوير شامل لكل الآثار والتراكيب المدفونة تحت سطح الأرض، بحيث يمكن تحديـد أماكنهـا وأبعادها وأعماقهـا. تصل كفاءة هـذه التقنيـة إلى عمـق ٤٠م تحت سطـح الأرض، وذلـك طبقـاً لتردد موجـات المُرسِلـة المستخدمة،





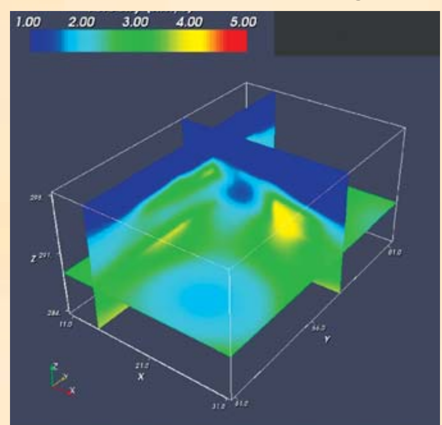
■ شكل (١) استـخـدام جهاز الاختـراق الأرضي الراداري للكشف عن آثار مدفونة.

ويوضـح الشـكل (١) استخـدام جهـاز الاختراق الأرضي الراداري للكشف عن الآثار المدفونة.

● **المسح الزلزالي**

تعتمـد تقنيـة المسـح الزلـزالي (السيزمي) على إصدار صدمات أو هزات على سطح الأرض ينتج عنها موجات زلزالية صوتية تخترق الأرض وتنعكـس أو تنكسـر عنـد اصطدامهـا بطبقات أو أجسام متباينة الخصائص الفيزيائية وخاصة كثافتهـا، ويتـم التقـاط الموجـات الناتجـة على أجهـزة دقيقة الحساسية وقيـاس زمن وصولها، ومنـه يتم معرفـة التبايـن بـين الطبقـات وغيرها من الأجسام ومعرفة أعماقها.

بـدأ استخدام طـرق المسح الزلـزالي الانكساري والانعكاسي في عمليات الاستكشاف الأثري منذ أواخر الخمسينيات والستينيات مـن القرن الميلادي الماضي للتعرف على مـواد المنشآت الحجرية، وما يتخللها من فراغات ومـواد وجدران مصنوعة مـن طوب، وتقدير سماكتها وامتداداتها وغير ذلك. كما بدأ حديثاً تطبيق طرق المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد (3D-seismic) في عمليات رسم الخرائط للمواقع الأثرية، ويوضح الشكل (٢) مسح زلزالي ثلاثي الأبعاد لملامح منشآت مدفونة تحت سطح الأرض.



■ شكل (٢) مسح زلزالي ثلاثي الأبعاد يبين ملامح منشآت مدفونة (Valenta and Dohnal, 2007).

● الترددات المنخفضة

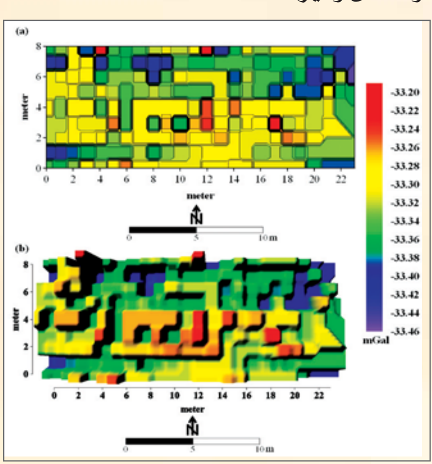
يعطي جهاز الترددات المنخفضة (Very Low Frequency-VLF) أو (Ultrasonic) صورة عامة عن الموقع الأثري المقترح، لأن هذه الترددات تصل إلى أعماق مختلفة؛ مما يعطي تصوراً واضحاً عن الموقع ككل قبل البدء بعملية الحفر والتنقيب وعلى الأخص المنطقة الجافة.

● التصوير الكهرومغناطيسي

تستخدم تقنية التصوير الكهرومغناطيسية (Electromagnetic Imaging) الترددات الكهرومغناطيسية لتحديد أماكن الآثار وفصلها عن الطبقات المحيطة بها؛ مما يعطي تصوراً واضحاً عن أماكن وجود الآثار بدقة متناهية. تستخدم في هذه الطريقة أحدث الأجهزة الجيوفيزيائية الكهربائية، حيث تتيح المعرفة الدقيقة لكل من التغير الأفقي والتغير العمودي للموقع الأثري المقترح.

● الجاذبية الدقيقة

تعتمد طرق الجاذبية على خاصية جذب الكتل صخرية أو غيرها، وذلك طبقًا لكثافة هذه الكتل، وحيث أن قوة الجاذبية تتناسب طرديًا مع كثافة الكتل، فإنه يستخدم جهاز الجاذبية لقياس التغيرات الدقيقة في جاذبية الصخور كأحجار الرمل أو الجير والمتبخرات، وما يكون مدفونًا تحت سطح الأرض من منشآت أو معادن وغيرها.



■ إحدى نتائج التطبيقات الجيوفيزيائية (الطريقة الجاذبية) لموقع أثري أم الرصاص في الأردن (Batayneh, 2011).

تُستقبل نتائج مسح الجاذبية وتعالج ببرامج خاصة لتحليل ما تحت سطح الأرض من كتل أو أجسام.

من جانب آخر تعد تقنية الجاذبية الدقيقة (Microgravity) من الطرق الجيوفيزيائية المتقدمة التي تستخدم لأغراض التحريات عن الآثار، وتهدف إلى الكشف عن شذوذات ضعيفة جداً، ويتطلب ذلك وضع نقاط القياس على مسافات تتراوح ما بين متر وعشرون متر، مع دقة للقراءات تصل إلى حدود ١٤ مايكروجال، ويجب أن لا تزيد نسبة الخطأ في القراءة الواحدة عن خمسة مايكروجال في أكثر تقدير.

استخدمت الجاذبية الدقيقة في البحث عن بعض السراديب الأثرية، وفي الكشف عن بعض الأقبية والمعابد المطمورة في ألمانيا، كما استخدمت هذه الطريقة من قِبل فريق عمل فرنسي للكشف عن غرفة الملك السرية في أهرامات مصر، وكذلك من قبل فريق عمل عراقي في التحري عن الآثار أيضاً.

● الكهربائية

يعود استخدام الطرق الكهربائية إلى سنة ١٩٤٦م في إنجلترا، وتنقسم إلى: الكهرومغناطيسية (Electromagnetic) والمقاومة الكهربائية (Electric Resistivity).

تعتمد الطرق الكهربائية (Electric Methods) على قياس التباين في المقاومة الكهربائية النوعية للمواد حسب كتلها وتركيبها الكيميائي والمعدني ومساميتها وغير ذلك، وتتميز هذه الطريقة في التعرف على التسربات المائية والمعادن المتأكسدة في المواقع الأثرية وتمتاز هذه الطرق بفعاليتها وسرعة الحصول على نتائجها وسعة مساحة تغطيتها.

● المغناطيسية القديمة

يمكن من خلال تقنية المغناطيسية القديمة (Palaeomagnetism) تسجيل تغيرات المجال الأرضي طويلة الأمد الممتدة لبضع آلاف من السنين باستخدام المغناطيسية المتبقية المحفوظة في المواد الأثرية. وتعد النماذج الأثرية (مثل: الأفران، والمواقد والقدور الفخارية ..الخ) مواد مثالية لإجراء تحليلات المغناطيسية القديمة لأن مكوناتها المغناطيسية تتألف في الغالب من معدن الهيماتايت المستقر من الناحية الكيميائية والمغناطيسية، ويمكن تتبع طريقة اكتسابها المغناطيسية المتبقية في المختبر. تستخدم هذه المواد والنماذج الأثرية لحساب انحراف وميل وشدة المجال المغناطيسي القديم في أماكن معينة، ولأوقات محددة، وهكذا يتم إنشاء أو رسم مخطط بياني لتغيرات المجال الأرضي خلال بضعة آلاف سنة ماضية.

● المسح المغناطيسي

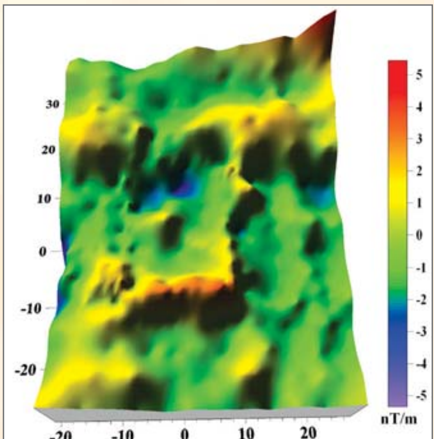
بدأ تطبيق المسح المغناطيسي في أواخر الخمسينيات من القرن الميلادي الماضي، وتعد من أهم وأكثر الطرق تطبيقاً في عمليات استكشاف الآثار، وذلك لفعاليتها، وسرعة الحصول على نتائجها، وقلة تكاليفها، ودقة نتائجها، وسعة مساحة تغطيتها. تعتمد المسوحات المغناطيسية عالية التمييز على الفروق الضعيفة في شدة التمغنط بين بقايا النشاط الإنساني وبخاصة التمغنط المتبقي في الأدوات الفخارية (المواقد، والفخار، والخزفيات .. وغيرها)، وبين نوعية التربة المحيطة بها.

تعتمد تقنية المسح المغناطيسي على دراسة وتحليل المجال المغناطيسي لمواد المواقع الأثرية، وقد ساعد ذلك العلماء في إماطة اللثام عن كثير من القضايا المتعلقة بظاهرة التمغنط، من أهمها ما يلي:

١ـ تحديد الأماكن الأثرية المطمورة من خلال قياس شدة القوى المغناطيسية ودراسة المنحنى المغناطيسي المرسوم فوق الموقع الأثري، وكذلك تقدير عمرها، والأدوات المختلفة الموجودة فيها، ودراسة النشاط الإنساني الذي ساد في تلك المواقع، مثل: تحركات الإنسان الذي عاش فيها، ودرجات الحرارة التي سادت في ذلك الوقت، وأنواع الوقود التي استخدمها في صناعاته، حيث يمكن باستخدام هذه الطريقة رسم مخطط تقريبي مبني من مواد مغناطيسية (طوب، بازلت، آجر) ومطمور تحت غطاء من التربة قد يبلغ سمكه عدة أمتار.

٢ـ إعادة بناء القطع الفخارية: حيث يمكن إعادة بناء الأواني الفخارية المكسورة بناء على دراسة اتجاه المغناطيسية المسجلة في شظاياها، حيث توضع الشظايا بحيث يكون اتجاه المغناطيسية موحداً.

٣ـ كشف تزييف النقود والقطع الفخارية، بحيث يمكن مقارنة اتجاه المغناطيسية التي تكتسبها



■ مسح مغناطيسي ثلاثي الأبعاد يبين تباين تحت سطح الأرض لموقع الحميمة الأثري في جنوب الأردن (Batayneh, 2010).

النقود (خاصة الفضية أو البرونزية) عند سكها من كشف النقود المزيفة التي سكت في فترة زمنية لاحقة نظراً لتغير اتجاه وميل المغناطيسية الأرضية مع الزمن، كما إن مقارنة ميل المغناطيسية في أواني فخارية تسمح بتمييز الآنية الفخارية التي صنعت في أوقات متباينة؛ مما يسمح بكشف الآنية الفخارية المزيفة عن الآنية الأصلية التي تميز عصراً ما، ولها قيمة أثرية كبيرة.

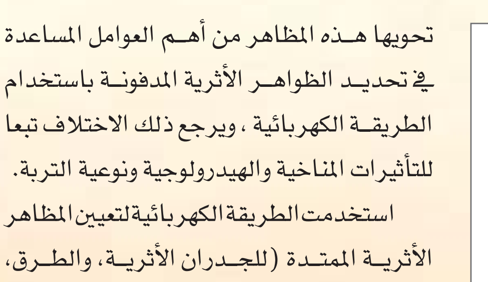
٤ـ تحديد تاريخ الأبنية، بحيث يمكن تحديد تاريخ بعض الأبنية التي وجهت جدرانها حسب الاتجاهات الأربعة.

٥ـ تحديد مصدر المواد الأثرية؛ وبالتالي تحديد طرق التجارة وانتقال الإنسان القديم.

٦ـ تحديد الأبعاد، والامتدادات، وأعماق ونوع التراكيب الرئيسية، والطبقات الحاملة للآثار، ونسب المعادن المغنطة فيها، وذلك بعد المعالجات المختلفة للبيانات المقاسة باستخدام أحدث أنواع التقنيات.

● **المقاومة النوعية الكهربائية**

تعد المقاومة النوعية الكهربائية أولى الطرق الجيوفيزيائية التي تم تطبيقها في مجال التحري والكشف عن الآثار، وتعتمد على وجود تباين في قيم المقاومة النوعية (Resistivity Contrast) بين التراكيب الأثرية والتربة المحيطة بها، ويتأثر هذا التباين بعوامل مختلفة منها كمية ونوعية الماء الموجودة في التربة، والفجوات والمسامات في المواد، إضافة إلى نوعية المعادن المكونة لهذه المواد أو الصخور، ويعد الاختلاف في كمية الرطوبة التي



تحويها هذه المظاهر من أهم العوامل المساعدة في تحديد الظواهر الأثرية المدفونة باستخدام الطريقة الكهربائية، ويرجع ذلك الاختلاف تبعا للتأثيرات المناخية والهيدرولوجية ونوعية التربة.

استخدمت الطريقة الكهربائية لتعيين المظاهر الأثرية الممتدة (للجدران الأثرية، والطرق، والخنادق)، والمظاهر المنعزلة أو المنفصلة (الحفر، والأتونات، والأفران الفخارية). كما استخدمت في استكشاف المياه الجوفية والمعادن ومعرفة الطبقات تحت السطحية.

على الرغم من أن تقنية المقاومة النوعية الكهربائية تتميز بنقاط قوة فإن لها أيضاً نقاط ضعف يمكن إيضاحهما فيما يلي:

■ **نقاط القوة**، وتتمثل فيما يلي:

١ـ قلة تأثرها بالظواهر الخارجية، ولذلك يمكن تطبيقها داخل المدن، كما يمكن استخدامها للتحري عن الآثار في المواقع التي يصعب فيها تطبيق الطريقة المغناطيسية.

٢ـ سهولة عملية المسح الجيوفيزيائي، حيث أنها لا تحتاج إلى كادر جيوفيزيائي، بل كادر مدرب على استعمالها.

٣ـ تعيين نوعية وامتداد البناء الأثري وتراكيبه، دون حدوث أي أضرار في البناء.

٤ـ قلة التكلفة.

■ **نقاط الضعف في الطريقة**، وتتمثل فيما يلي:

١ـ كثرة القراءات الحقلية؛ مما يستوجب اختيار طرق جيدة لتمثيل هذه النتائج.

٢ـ صعوبة استعمالها في المناطق الصخرية (خاصة الجبلية) ـ وذلك لصعوبة تثبيت الأقطاب بها.

٣ـ صعوبة تطبيقها في المواقع التي تكون فيها المياه الجوفية قريبة من السطح، لأن وجود الماء يؤدي إلى عدم وجود اختلاف في قيم المقاومة الكهربائية.

عرض النتائج الجيوفيزيائية

تمثل كثرة القراءات الحقلية مشكلة تواجه الجيوفيزيائيين في مجال الكشف عن الآثار، لذلك استوجب اختيار طرق جيدة لتمثيل هذه النتائج ووضع صورة مبسطة لها بهدف تفسيرها جيوفيزيائياً، ومن ثم ترجمة هذه التفسيرات إلى الناحية الأثرية.

من الطرق المستعملة في عرض النتائج الجيوفيزيائية، ما يلي:

١ـ مسارات (Profiles): وتعد أبسط طرق تمثيل النتائج الجيوفيزيائية، حيث تُمَثل القراءة بإحداثيات أحدهما يمثل موقع القراءة «الإحداث السيني» (x-axis)، والأخر يمثل قيمتها «الإحداث الصادي» (y-axis). تستخدم طريقة العرض هذه في حالة الفحص الأولي للموقع، وذلك للحصول على فكرة سريعة للقيم الجيوفيزيائية في هذا الموقع.

٢ـ خريطة كنتورية: ويتم من خلالها رسم خطوط منحنية تربط النقاط ذات القيم المتساوية بعضها ببعض، بحيث تحتوي الخريطة النهائية على عدد من الخطوط الكنتورية، ومن خلال دراسة هذه الخرائط يمكن تعيين المواقع التي يتركز فيها البناء الأثري.

٣ـ على شكل رموز (Symbols)، ويتم فيها تمثيل القيم بواسطة رموز مختلفة، وعادة يتم تمثيل القيم العالية برموز داكنة أو كبيرة، أما القيم المنخفضة ـ في بعض الأحيان ـ تترك بدون رموز، أو يستعمل لها رموز خفيفة. كما يمكن استعمال الألوان لتحديد المواقع التي تتركز فيها الأبنية، حيث تعطى ألوان مختلفة للقيم الجيوفيزيائية.

المراجع:

- **الغزي، عبدالعزيز بن سعود.** مسح وتوثيق آثار عيني فرزان، دارة الملك عبدالعزيز، الإصدار قم ٢٦٠، مجلدين، ١٤٣١هـ - ٢٠١٠م.

- **Batayneh, A., 2011,** Archaeogeophysical-aracheological prospection – A mini review. Journal of King Saud University-Science 23: 8389-.

- **Batayneh, A., 2010.** The use of magnetometry and pole-dipole resistivity for locating Nabataean Hawar archaeological site in SW-Jordan. Archaeological Anthropological Sciences 2: 151156-.

- **Valenta, J. and Dohnal, J., 2007.** 3D seismic travel time surveying – a comparison of the time-term method and tomography, Journal of Applied Geophysics 63: 4658-.

http://kunoooz.com/vb374/archive/index.php/t-25508.html

http://www.sgs.org.sa/Arabic/TechnicalSupport/Pages/geophysics.aspx

http://www.aeslam7gza.com/vb/showthread.php?t=8330

أجهزة التحكم عن بعد

(الجزء الأول)

أ. محمد صالح سنبل

ساهمت التقنية الحديثة في رفاهية الإنسان وقللت – في كثير من الأحيان – من الجهد الذي يبذله للقيام بعمل ما، فعلى سبيل المثال لا يحتاج الإنسان إلى النزول من سيارته لفتح باب مرآب السيارة أو القيام لتغيير قنوات التلفاز أو رفع الصوت، وهذا بفضل اختراع أجهزة التحكم عن بعد (Remote Control) التي يمكن أن تكون بسيطة كالتحكم في أجهزة التلفاز وألعاب الأطفال، وفتح باب مرآب (كراج) السيارة وغلقه، إضافة إلى أجهزة كثيرة التعقيد، مثل الأجهزة المستخدمة في توجيه القذائف الصاروخية والأقمار الاصطناعية التي تسبر أغوار الفضاء.



إن أول جهاز للتحكم عن بعد تم صنعه، كان عبارة عن جهاز يعمل بموجات الراديو، والتي كانت توجه بواسطته صواريخ القوات البحرية الألمانية خلال الحرب العالمية الأولى لضرب سفن الحلفاء. أما خلال الحرب العالمية الثانية فقد نجح جهاز التحكم عن بعد في تفجير القنابل للمرة الأولى. وبانتهاء الحروب العالمية نجح هذا الجهاز الصغير في تكريس تقنية رائعة في أذهان العلماء، لكن بدون إمكانية تطبيقها في الحياة العامة بشكل واسع.

بدأت الولايات المتحدة الأمريكية باستخدام تقنية التحكم عن بعد للأغراض غير العسكرية، فقدم المصنعون جهاز فتح باب مرآب السيارة في أواخر الأربعينيات من القرن العشرين، وجهاز التحكم في التلفاز في منتصف الخمسينيات. وفي وقتنا الحاضر يستخدم التحكم عن بعد في التحكم بالإنسان الآلي لأداء المهام في الأماكن الخطرة، كما حدث في عام ١٩٧٩م في عملية تنظيف وحدة توليد الطاقة النووية في مفاعل جزيرة الأميال الثلاثة في الولايات المتحدة، عندما تعرض لحادث أدى إلى تسرب الأشعة النووية منه.

يستعرض هذا المقال التقنيات المختلفة المستخدمة في أجهزة التحكم عن بعد التي تستخدم في حياتنا اليومية، ويركز على المقارنة بين أنواعها ومكوناتها، إضافة إلى التعرف على بعض الخصائص التقنية المتقدمة التي يمكن أن توجد في أجهزة التحكم عن بعد الحالية.

الأنـــــواع

يمكن تصنيف أجهزة التحكم عن بعد إلى عدة أنواع بحسب نوع الإشارة التي ترسلها وحدة الأوامر (Command Unit)، ويمكن توضيحها فيما يلي:

● جهاز الأشعة تحت الحمراء

تعد أجهزة الأشعة تحت الحمراء (Infrared Remote controls) – أشعة غير مرئية من الطيف الكهرومغناطيسي – سائدة الاستخدام في أجهزة التحكم عن بعد، خصوصاً في الأجهزة المنزلية يعتمد المبدأ الأساسي لتشغيلها على استخدام الضوء الذي يرسل إشارات بين وحدة التحكم عن بعد ووحدة الاستقبال في الجهاز المطلوب توجيهه.

تقوم وحدة الأوامر بجهاز التحكم المخصصة لجهاز التلفاز بإرسال إشارات إلى الخارج عبارة عن أشعة تحت الحمراء على هيئة شفرات ثنائية (binary codes). تتحكم تلك الإشارات في زر التشغيل والإيقاف (Power On/Off) وزر التحكم في مستوى الصوت (Volume Up)، ومن ثم يقوم مستقبل الأشعة تحت الحمراء

(IR receiver) الموجود في أجهزة التلفاز والستيريو بفك هذه الإشارات الضوئية إلى بيانات ثنائية (Binary data) عبارة عن (واحد وصفر) (one and zero) بحيث يستطيع المعالج الصغير (Microprocessor) لهذه الأجهزة فهمها، ومن ثم تنفيذ الأمر المطلوب.

نجح جهاز التحكم عن بعد الذي يعمل بالأشعة تحت الحمراء في الانتشار حول العالم طيلة ٢٥ عاماً الماضية، إلا أن هناك بعض العيوب المتعلقة بطبيعة الأشعة تحت الحمراء، منها:

١-أن مداه لا يتجاوز ١٠ أمتار فقط (٣٠ قدم).

٢- أنه يتطلب توجيه جهاز التحكم عن بعد مباشرة إلى الجهاز المستقبل.

٣- عدم وجود حاجز (جدار) بين جهاز التحكم عن بعد والجهاز المستقبل.

وبالرغم من أن مستقبل الأشعة تحت الحمراء في التلفاز يعمل على تلافي التداخل بين المصادر الأخرى للأشعة تحت الحمراء، حيث يستجيب فقط لطول موجي ٩٨٠ نانومتر، وإعاقة الأطوال الموجية الأخرى بواسطة مرشحات موجودة في المستقبل الموجود على جهاز التلفاز – مثلاً– ، إلا أن أشعة ضوء الشمس تظل تسبب تشويشاً على المستقبل لاحتوائها على الأشعة تحت الحمراء ذات طول موجي قدره ٩٨٠ مانومتر.

● **أجهزة موجات الراديو**

رغم أن أجهزة التحكم عن بعد التي تعمل بالأشعة تحت الحمراء هي التقنية السائدة حالياً في التطبيقات المنزلية، إلا أن هناك أنواعاً أخرى من أجهزة التحكم تعتمد على ذبذبات الراديو بدلا من الموجات الضوئية، مثل أجهزة التحكم عن بعد التي تفتح وتغلق مرآب السيارات.

تعد أجهزة التحكم عن بعد المعتمدة على ذبذبات الراديو (Radio-frequency-RF) شائعة الاستخدام في: فتح وغلق أبواب مرآب السيارات، والألعاب، والبلوتوث في أجهزة الحاسوب الشخصية (Laptops)، والهواتف النقالة (Cell phones)، وعلى الرغم من أن جميع تلك التطبيقات السابق ذكرها تعتمد على ذبذبات الراديو، إلا أنه من الممكن التوسع في استخدام هذا النوع من أجهزة التحكم في العديد من التطبيقات في حياتنا اليومية.

يقوم جهاز التحكم عن بعد الذي يعمل بذبذبات الراديو (RF) بنقل موجات الراديو والتي تكون متطابقة مع الأمر الثنائي (Binary command) للزر الذي يتم ضغطه في وحدة الإرسال، ومن ثم يقوم مستقبل ذبذبات الراديو في الجهاز المطلوب التحكم فيه باستقبال الإشارة وترميزها (تشفيرها).

تتمثل إيجابيات أجهزة التحكم التي تعمل بذبذبات الراديو بقدرتها على اختراق الجدران ومداها البعيد، حيث يمكنها الانتقال إلى مسافة ٣٠متراً من المستقبل (Receiver)، إلا أن هذه المسافة تقل في حالة تقنية البلوتوث.



■ جهاز تحكم عن بعد يعمل بذبذبات الراديو .

● **التحكم باستخدام الصوت**

يستخدم هذا الجهاز للتحكم عن بعد ببعض الأجهزة مثل آلة الرد على الهاتف وبعض أنواع التلفازات. يوجد به لاقطات (Microphones) تقوم بتحويل الموجات فوق الصوتية أو الصوتية إلى إشارات الكترونية، تتحول بدورها إلى المفتاح الكهربائي، فتعمل على تشغيل أو قفل الجهاز.

● **التحكم باستخدام الصوت البشري**

تستخدم أجهزة التحكم عن بعد التي تعمل بالصوت البشري لتشغيل مفاتيح الضوء وأجهزة أخرى، حيث يوجد به لاقطات الصوت الموجودة في الجهاز على صوت الإنسان أو صوت تصفيقه بيديه، فتحولها إلى إشارات تتجه إلى مفتاح الكهرباء، فتضيء الأنوار أو تطفئها.

● **التحكم الآلي**

يوفر هذا النوع من الأجهزة طريقة آمنة للتعامل مع المواد المشعة والمواد الخطرة الأخرى، حيث يستخدم الفني زوج من الأيدي الآلية للتعامل مع المواد الخطرة، ويقوم في الوقت نفسه بمراقبة العمل من خلف حاجز واقي وسميك.

المكونات

يتكون جهاز التحكم عن بعد من جزئين رئيسيين، هما:

● **وحدة الإرسال**

تتكون وحدة الإرسال شكل (١) من الأجزاء التالية:

■ **لوحة المفاتيح**: وتشتمل على الأزرار، التي



■ شكل (١) جهاز تحكم عن بعد يعمل بالأشعة تحت الحمراء (IR).

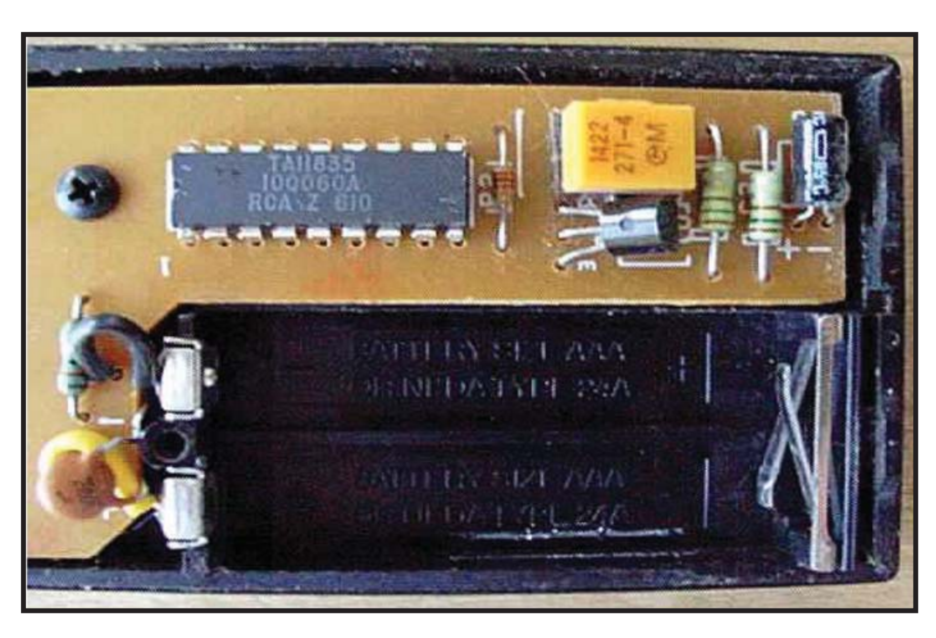
يختلف عددها حسب الوظيفة المعد لها جهاز التحكم، فهي على سبيل المثال تتكون من زر واحد في حالة الجهاز المستخدم لفتح مرآب السيارة، بينما تصل إلى أكثر من ذلك بكثير في حالة جهاز التحكم العامة التي يمكنها تشغيل أكثر من جهاز، شكل (١).

- **دارة المفاتيح الإلكترونية**: ويتمثل عملها في تحديد التردد المطلوب لتنفيذ الأوامر، من خلال اختيار فرق الجهد المناسب لكل أمر عندما يتم الضغط على زر الوظيفة المطلوبة، تقوم الشريحة بالتعرف على المفتاح المضغوط وترجمها على تسلسلات تشبه شفرات موريس، بحيث يعطي كل مفتاح تسلسل مختلف عن الآخر.
- **دارة المذبذب (الدارة المتكاملة)**: وتوجد في داخل جهاز الإرسال، ويمكن مشاهدتها عند فتح غطائه، وهي عبارة عن قطعة إلكترونية (شريحة) سوداء أكبر من باقي القطع الإلكترونية، وتتكون من ١٨دبوساً، وتحمل رقماً معيناً مثل (TA11835) في الدائرة المتكاملة في شكل (٢)، وتعمل هذه الدارة على توليد نبضات يحدد ترددها بواسطة دارة الرنين (الترشيح) ودارة المفاتيح الإلكترونية الموصولة معها، ولذلك تعد قلب وعقل جهاز الإرسال، لأنها تقوم بتنفيذ أغلب العمليات.

يمكن للدارة المتكاملة تعقب توقيت ضغط المفتاح (الزر) ومن ثم يتم ترجمة ضغطة المفتاح إلى تتابع (Sequence) خاص مثل شفرة مورس



■ أنواع مختلفة من أجهزة التحكم عن بعد لفتح وغلق السيارات.



■ شكل (٢) الدائرة المتكاملة (دارة المذبذب).

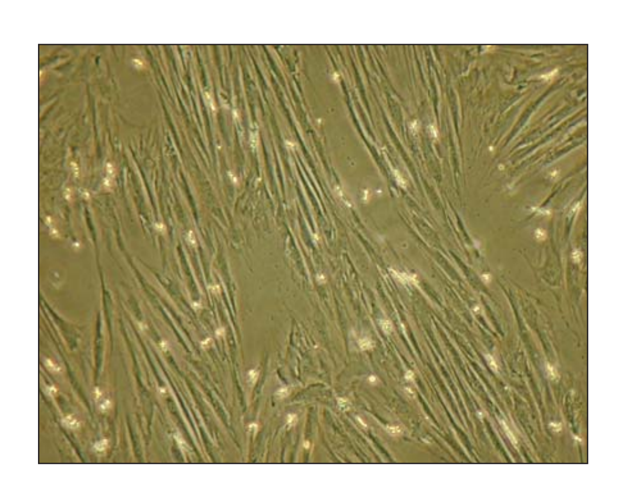
(Morse code)، حيث إن لكل مفتاح شفرة خاصة به. ومن ثم تقوم الدارة بإرسال الإشارة للخارج إلى الترانزستور لمضاعفة الإشارة وتقويتها.

- **دارة الرنين (المرشح)**: وتظهر باللون الأصفر في شكل (٢)، وتقوم بتمرير الترددات التي يمكن للمستقبل فهمها وتفسيرها، وحجب أية إشارة غير مرغوبة، لذلك فإنها تعمل كمصفاة للموجات المرسلة من جهاز الإرسال إلى جهاز الاستقبال، بحيث لا يصل إلى جهاز الاستقبال إلا الموجات التي تتلاءم معه. تحتوي دارة الرنين على بلورة (Crystal) تحدد تردد الموجة المرسلة والمستقبلة بشكل يتلاءم بعضهما مع بعض.
- **صمام ثنائي**: ويقوم بإصدار أشعة تحت الحمراء لا تراها العين، ولكن تراها آلات التصوير الرقمية، فعلى سبيل المثال يمكن رؤيتها عند توجيه جهاز التحكم إلى آلة التصوير الرقمي مثل الموجودة في الجوالات.
- **صمام ثلاثي**: ويظهر باللون الأسود في شكل (٣)، وتتمثل وظيفته باستقبال الإشارات من الشريحة، فيعمل على مضاعفتها وتقويتها.
- **مصدر الطاقة**: وهو عبارة عن بطارية جافة توجد عادة أسفل جهاز التحكم.
- **مقاومتان**: وتظهران باللون الأخضر.
- **مكثفات**: وتظهر باللون الأزرق الغامق.
- **وحدة الاستقبال**: توجد وحدة الاستقبال في الجهاز الذي يتم التحكم فيه، وتتألف من الأجزاء التالية:
- **دارة الاستقبال**: وتتكون من ترانزستور حساس للضوء يقوم بتحويل الإشارات الضوئية القادمة من جهاز الإرسال إلى نبضات كهربائية متوافقة التردد مع جهاز الإرسال.
- **دارة الرنين (الترشيح)**: وتعمل على تمرير حزمة الترددات المتوافقة مع جهاز الإرسال فقط إلى دارة فك الترميز.
- **دارة فك الترميز**: وتقوم بتحويل التردد القادم من دارة الترشيح إلى فرق جهد (Voltage) تستطيع مجموعة الأوامر التعامل معه، وتنفيذ الأمر المطلوب منها.
- **مجموعة الأوامر**: وهي عبارة عن معالج صغير يقوم بالتحكم بأغلبية دارات جهاز التلفاز من: رفع وخفض الصوت، والتنقل بين القنوات، والإضاءة، والتباين، واللون، والسطوع، وقائمة البرمجة واللغة، كما تعمل على برمجة الفولتية القادمة من وحدة فك الترميز إلى أمر قابل للتنفيذ، ومن ثم تنفذه، مثل خفض الصوت.

المصدر:
www.google.com.sa.
www.howstuffwork.com/inside.htm.
electronics.howstuffwork.com/inside-rc1.

:: الجديد في العلوم والتقنية ::

الخلايا الجذعية ومحاربة الأمراض



اكتشف باحثون بجامعة أوتاوا وتورنتو، كندا أن هناك نوعاً من الخلايا الجذعية في نخاع العظام (Bone Marrow stem cell) يمكن استخدامه لمعالجة مرض تعفن الدم (Sepsis) والذي يعد مرضاً مُعدياً يمكنه الانتشار في كامل الجسم للإنسان والحيوان، كما يمكن لهذا النوع من الخلايا الجذعية مضاعفة معدلات مقاومة المرض ثلاثة أضعاف في فئران التجارب.

ضم الفريق البحثي المشرف على هذه الدراسة كلاً من الدكتور **دنكن ستيوارت (Duncan Stewart)** من معهد الأبحاث الطبية بمستشفى أوتاوا (Ottawa Hospital Research Institute-OHRI)، والدكتور **آرثر سلاتيسكي (Arthur Slutsky)** من مستشفى سانت ميتشيل، تورنتو، إضافة إلى الدكتور **كونراد ليلاس (Conrad Liles)** من جامعة العلوم الصحية بتورنتو.

تم استخدام الخلايا الجذعية المتوسطة (Mesenchymal stem cell) في هذه الدراسة، والتي تمتاز – إضافة إلى امتلاكها لخصائص الخلايا الجذعية – بأنها تحفز الجهاز المناعي وتساعده لإعادة تجديد الأنسجة التالفة.

توجد هذه الخلايا في نخاع العظام البالغة في الحيوان والإنسان، وقد تم استخدامها سابقاً بكثرة لمعالجة العديد من الأمراض.

قام الفريق البحثي باختبار هذه الخلايا على فئران التجارب المصابة بمرض تعفن الدم - مرض بكتيري- الذي ينتقل وينتشر من الفم إلى الأمعاء والقناة الهضمية؛ مما يؤدي إلى عدوى بكتيرية شديدة والتهاب وتلف في أعضاء الجسم المختلفة.

تم إعطاء نصف الفئران - بعد مرور ٦ ساعات من الإصابة بالعدوى – حقناً وريدية من الخلايا الجذعية المتوسطة، فيما تم إعطاء النصف الآخر محلولا ملحياً عن طريق الحقن كعينة ضابطة (Control)، كما تم إعطاء فئران المجموعتين المضادات الحيوية لمعالجة تعفن الدم.

بعد مرور ٥ أيام على الحقن تمكنت ٥٠ ٪ من فئران المجموعة الأولى - التي تم حقنها بالخلايا الجذعية المتوسطة – البقاء على قيد الحياة، فيما تمكنت ١٥٪ من فئران المجموعة الثانية - التي تم حقنها بالمحلول الملحي فقط – البقاء على قيد الحياة.

الجدير بالذكر أن الدراسات السابقة التي أجريت على الفئران المعالجة بالخلايا الجذعية المتوسطة أوضحت أن تلك الفئران كان لها رئات وأعضاء سليمة ومستوى منخفض من الانتشار البكتيري، وتحسن واضح من الإصابة بالالتهابات.

كما أوضحت الدراسات المتقدمة في هذا الشأن أن معالجة الحيوانات المصابة بأمراض مختلفة بواسطة هذه الخلايا أحدثت تغيراً في التعبير الوراثي (Gene expression) للمورثات المرتبطة بحدوث الالتهابات المختلفة، وبالتالي انخفاض الأعراض المرضية المتلفة للأنسجة في الكائنات الحية المصابة بالالتهابات المختلفة؛ مما يؤدي إلى زيادة نسبة الشفاء من تلك الالتهابات.

يشير **ستيوارت** إلى أن نتائج هذه الدراسة أفادت في الكشف عن فوائد الخلايا الجذعية المتوسطة، وأنها تعد طريقة واعدة لمعالجة الأعضاء التالفة بسبب العدوى الشديدة، كما سيتم تطبيق هذه الدراسة على البشر في وقت قريب.

ويذكر الدكتور **سلاتيسكي** أن مرض تعفن الدم يعد مرضاً يهدد حياة الكثير من البشر في العالم، حيث إن ٢٥٪ من المصابين بالمرض هم عرضة للوفاة، كما أن هذا المرض هو المسبب الثاني لحالات الوفيات في المراكز الصحية في كندا والولايات المتحدة، حيث تبلغ عدد الوفيات السنوية نحو ٢٠٠ ألف حالة وتكلف حكومات تلك الدول نحو ١٦ مليار دولار.

المصدر:-

www.sciencedaily.com (1 July 2010)

عرض كتاب

الجيوفيزياء الحقلية

صدر هذا الكتاب عن إدارة النشر العلمي والمطابع بجامعة الملك سعود عام ١٤٣٠هـ/ ٢٠١٠م ، وهو من الحجم المتوسط، قام بترجمته الدكتور ناصر بن سعد العريفي أستاذ الجيوفيزياء بكلية العلوم في جامعة الملك سعود، نقلاً عن الطبعة الثالثة من الكتاب الذي ألفه جون ميلسوم، يقع الكتاب في ٤٠٩ صفحة، ويضم بين دفتيه ثلاثة عشر باباً، بالإضافة إلى مقدمة للمترجم ومقدمة للطبعات الصادرة منه، ومقدمة للكتاب، وقائمة بالمراجع، والمصطلحات، ونبذة عن المؤلف.

ذكر المؤلف في **الفصل الأول** أن القياسات الحقلية تعد أساسية في الأعمال المساحية لمجالات طبيعية، أو لمجالات اصطناعية، ثم قدم شرحاً مفصلاً لبعض المصطلحات المستخدمة في هذا المجال، ناقش بعد ذلك العمل الحقلي ووجوب أن تكون الأجهزة المستخدمة بسيطة، ويمكن حملها بسهولة، وأن تعطي نتائج دقيقة. تعرض بعد ذلك للحديث عن الأسلاك الكهربائية وربطها وأهمية ذلك في جميع الأعمال المساحية الجيوفيزيائية، ثم تحدث عن أهمية حماية الأجهزة من الأمطار والثلوج والبرد والحشرات والزواحف وغيرها، والآلية التي تتبع عند حدوث ذلك. ثم عدد الأدوات المطلوبة في الأعمال المساحية الميدانية بغض النظر عن نوعيتها الجيوفيزيائية. انتقل بعد ذلك للحديث عن البيانات الجيوفيزيائية من خلال عدة عناصر، هي: ترقيم المحطات وتسجيل النتائج ودقة الإجراءات، وحساسية الجهاز وضبط المعلومات، والانحراف، والإشارات والتشويش، والمتغيرات والانحراف القياسي للمنحنى، والشذوذ، وطول الموجة ومنتصف العرض، وعرض النتائج، وأخيراً أجهزة التسجيل.

تناول الفصل كذلك القواعد وشبكات المحطات الأساسية (Bass and base networks)، من حيث أنواع القواعد المستخدمة وأهميتها في

عرض: أ. عبدالرحمن بن ناصر الصلهبي

المسح الحقلي، فضلاً عن مناقشة الإجراءات المشتركة لهذه المحطات والمطبقة في أكثر الطرق الجيوفيزيائية. ثم اختتم المؤلف هذا الفصل بالحديث عن جهاز تحديد المواقع الأرضية باستخدام الأقمار الاصطناعية (Global Positioning Satellites – GPS)، مشيراً إلى أن الأعمال الدقيقة تحتاج إلى جهاز (GPS) تفاضلي.

أوضح المؤلف في **الفصل الثاني** الأسس الفيزيائية لطريقة الجاذبية الأرضية، وقسمها إلى قسمين، أحدهما: يتناول مجال الجاذبية للكرة الأرضية، أما القسم الآخر فيتناول كثافة الصخر، موضحاً فيه وحدة قياس كثافة صخور القشرة الأرضية، والتي تتراوح بين ٢,٩-٢ مليجرام لكل مترمكعب، وأرفق جدولا يوضح كثافة إثنين وعشرين مادة محتلفة بين الصخور والمعادن والخامات الشائعة، ثم انتقل المؤلف للحديث عن أجهزة قياس الجاذبية، مشيراً إلى أن هذه الأجهزة تقيس الفرق النسبي في الجاذبية بين نقطة وأخرى، وذكر منها عدة أنواع. ثم ناقش أهمية ضبط وتجهيز ومعايرة ومراجعة هذه الأجهزة حتى تكون القياسات في مستوى الدقة المطلوب. تابع المؤلف حديثه في هذا الفصل عن اختزال الجاذبية الأرضية، وأشار إلى أنه نظراً لنشوء تأثيرات كبيرة في الأعمال المساحية للجاذبية من مصادر ليس لها مدلول جيولوجي، فإنه يمكن التخلص منها عن طريق عدة تصحيحات، مثل: تصحيح دوائر العرض، وتصحيح الهواء الحر، وتصحيح بوجير، وتصحيح التضاريس. انتقل بعدها للحديث عن المسح الجاذبي، حيث تعرض لمبادئ المسح الجاذبي، مثل: إنشاء محطات القاعدة (Base Sration) وتحديد مواقعها. ثم ناقش تصحيح الانحراف، وضبط الارتفاع، وأهمية

تسجيل وتدوين كل البيانات فيما يسمى بدفتر الحقل. ختم المؤلف هذا الفصل بالحديث عن التفسير الحقلي، حيث يتم عادة تفسير نتائج القياسات الجاذبية بحساب المجال الجذبي لنماذج جيولوجية معروفة، ومقارنتها بالبيانات الحقيقة المقاسة في الحقل باستخدام أجهزة الحاسب الآلي.

استعرض المؤلف في **الفصل الثالث** الطرق المغناطيسية، حيث أوضح أن استخدام البوصلة وإبر الانحراف المغناطيسي في العصور الوسطى للبحث عن خام المجنتيت في السويد، جعل من هذه الطريقة أقدم طريقة جيوفيزيائية تطبيقية، ولازالت تعد من أكثر الطرق استخداماً. انتقل المؤلف بعد ذلك للحديث عن الخصائص المغناطيسية للصخور، وأوضح أنها قد تختلف فيما بينها اختلافاً كبيراً. ثم انتقل بعدها للحديث عن المجال المغناطيسي للأرض، مشيراً إلى أن المجالات المغناطيسية للأجسام والمواد الجيولوجية تعتلي الخلفية المغناطيسية لمجال الأرض الرئيس، ثم أشار إلى أن المجال المغناطيسي للأرض ينشئ تياراً كهربائياً يسري في لب الأرض الخارجي السائل، ويمكن تمثيله بمغناطيس ثنائي الاستقطاب موضوع عند مركز الأرض. انتقل المولف للحديث عن تغير المجال المغناطيسي للأرض بسبب عدة عوامل منها: التغيرات اليومية النهارية، والعواصف المغناطيسية، والتأثيرات الجيولوجية. عدد المؤلف أجهزة قياس المغناطيسية، مثل: جهاز مغناطومتر (بروتون بريسشن)، جهاز مغناطومتر (البخار القلوي) عالي الحساسية، جهاز مغناطومتر (فلاكسجيت). انتقل بعدها للحديث عن المسح المغناطيسي من خلال المسح الحقلي الشامل وبداية خطوات المسح المغناطيسي، ورصد التغيرات اليومية وإجراءات المسح الحقلي الشامل، ومعالجة البيانات المغناطيسية.

وختـم المؤلـف هـذا البـاب بالحديـث عـن التفسـير المغناطيسـي البسـيط، وأوضـح أن الاستقراء الحقلي الفـوري للبيانات المغناطيسية يتيح التعـرف على المناطـق البينيـة التي تحتاج قياسـات إضافيـة وتحديـد مواقعها، ثـم تطرق إلى أشكال الشذوذ المغناطيسي، ثم شرح الطرق المجربـة لتقدير الأعماق التي تعـد من الأهداف الرئيسة للتفسير المغناطيسي.

أوضـح المؤلـف في **الفصـل الرابـع** أن درجة إشعاعية الصخور يتم رصدها باستخدام أجهزة القياس الوميضي لأشعة جامـا، ثم تحدث عن النشـاط الإشعاعـي للصخـور، وسلسلـة التحلل الإشعاعي والتوازن الإشعاعي، وطيف أشعة جاما الطبيعيـة. انتقـل بعد ذلك للحديـث عن أجهزة الكشـف الإشعاعي التي تستخدم في هذا المجال، مثل: أجهـزة الكشف الوميضي، وأجهزة التحليل الطيفـي لأشعـة جاما. ختـم المؤلف هـذا الباب بالحديـث عن المسح الإشعاعي وأهمية الزمن في تسجيل القياسات الإشعاعية، وتحليلها.

أشـار المؤلـف في **الفصـل الخامس** إلى أن معظـم الأعمال المساحية تعتمـد على قياس فرق الجهـد أو قياس المجال المغناطيسـي المصاحب لمـرور التيـار الكهربائـي داخـل الأرض، حيـث ينشـأ بعضهـا نتيجـة للتفاعـلات الطبيعية لكل مـن عمليـات الأكسـدة والاختـزال، أو نتيجـة للاختلافـات في المجـال المغناطيسـي للغـلاف الجوي أو الأيوني، ثم تطرق المؤلف إلى التوصيلية والمقاومية الكهربائية، ثم عرف كلاً من المقاومة الكهربائيـة للصخـور والمعـادن، والمقاوميـة الظاهرية، وتأثيرات الـردم بالأملاح على زيادة القدرة التوصيلية في الطبقات القريبة من سطح الأرض، انتقل بعدها للحديـث عن طرق المسح بالتيـار المباشـر ومتطلباتها مـن أقطاب معدنية وأقطـاب غـير مستقطبـة وأسـلاك ومولـدات ومحولات وأجهزة استقبال، ثم ناقش طرق التيار المتغير، وشرح الحث الكهربي.

ناقـش المؤلـف في **الفصـل السـادس** طـرق المقاومـة الكهربائيـة، موضحا أنـه يحدث عادة فيمـا يسمـى بالتيار المباشـر انعكاسـ في اتجاه مـرور التيـار خـلال فـترات تصـل إلى ثانيـة أو ثانيتـين، حيـث تستخـدم هـذه الطريقـة في الأعمـال المساحية التـي يبث فيها تيـاراً متبادلاً ذا تردد عـال إلى الأرض. ثم تطرق إلى المقاومة الظاهرية وترتيب الأقطـاب الشائعة. ثم تحدث عن قطاعـات إسهام الإشـارة، وتطرق إلى عمق الاخـتراق الـذي يعتمـد علـى طبيعـة الطبقات تحـت السطحيـة، كمـا تطـرق إلى التشويش في الأعمال المساحية الكهربائيـة، انتقل المؤلف بعد ذلـك للحديـث عـن إعـداد قطاعـات المقاومة، واختيار الترتيب المثالي لتنفيذ قطاعات المقاومة الكهربائيـة، بالإضافـة إلى ملاحظـات المقاطع الحقليـة، وعرض معلوماتهـا، وعمـق الجسـ الكهربـي باستخـدام طـرق المقاومـة الكهربية، وقدم شرحا آخر لطريقة الجس الرأسي العميق باستخدام ترتيب وينر التعويضية. ثم تحدث عن الازدواج الحثي، حيث ناقش فيه مبادئ الاتصال الحثي وقدم تعريفا بالمفهوم العام عنه، ثم تطرق لآليـة التعامل مع الأجهزة مثل جهـاز الأوم مابر الهندسـي. واختتـم هذا الفصـل بذكر مميزات وعيوب نظام الازدواج الحثي.

تنـاول المؤلـف في **الفصـل السابـع** طـرق الجهد الذاتـي والاستقطاب الحثـي، وأوضح أنه في طـرق الجهـد الذاتـي تولـد حركـة الأيونات الموجبـة في الأرض تيـاراً كهربائيـاً مثـل حركة الإلكترونـات في الموصـلات؛ مما يسبـب شذوذاً في الجهد الذاتـي للأرض يمكن قياسه وتفسيره. أمـا طريقـة الاستقطـاب الحثـي فتعتمـد علـى بـث تيـار كهربائي اصطناعـي في الأرض مؤدياً إلى استقطـاب كهربائـي لبعض أجـزاء من كتل الصخـور، وتستخـدم هـذه الطريقـة على نطاق واسـع في استكشاف الفلـزات المعدنية القاعدية. ثـم انتقل بالحديث إلى طريقـة المسح باستخدام الجهـد الذاتي حيث يتولد فرق الجهد الذاتي من التفاعـل بين محاليل الحفـر والطبقات المختلفة، وأشـار إلى أن الأجهـزة المستخدمـة في هـذا المجـال يجـب أن تكون عاليـة الحساسيـة وذات مقاومـة عالية. انتقل المؤلف بعـد ذلك إلى أسس الاستقطـاب، موضحـاً أن هـذه الطريقة تعد من أكثر الطـرق الجيوفيزيائية فاعلية في استكشاف المعـادن. وانتقـل بعـد ذلـك إلى الحديـث عـن المسـح باستخدام الاستقطـاب الحثي ذي المجال الزمنـي، وأشـار إلى أنـه يحتاج فـرق جهد أولي كبـير لتوليد استقطاب حثي يمكـن قياس تأثيره، ثم انتقـل إلى المسح باستخدام التردد ذي المجال المستخـدم في حالة فرق جهـد منخفض جداً، ثم تحـول المؤلف إلى عقد مقارنـة بين المسح بالمجال الزمنـي و الـتردد ذا المجال، وختـم المؤلف هذا الباب بالحديـث عن بيانات طـرق الاستقطابية المستحثـة، موضحـاً أنهـا تختلـف باختـلاف أنـواع الترتيبات.

أفرد المؤلف **الفصل الثامن** للحديث عن الطرق الكهرومغناطيسية، حيـث تحدث عن أنظمة الموجة المستمـرة ثنائية الملف. انتقل بعد ذلك إلى الحديث عن قـدرة طريقة سلينجرام علـى القيام بالأعمال المساحية على المنحدرات الجبلية، ثم تطرق لقياس درجـة التوصيـل الأرضي، حيـث أوضـح أن أنظمة سلينجـرام تستخـدم في الإعـداد السريع لخرائط درجة التوصيـل. ثم قدم شرحا عن درجة التوصيل عند الترددات العالية والمنخفضة. ثم انتقل للحديث عن طرق الموجـة الكهرومغناطيسيـة المستمرة، ثم انتقل بعدها للحديث عن الطرق الكهرومغناطيسية العابـرة والتي توفـر معلومات وبيانـات عن التردد المتعـدد. ثـم تحدث عـن عمـق السـبر باستخدام الطـرق الكهرومغناطيسيـة، وقـد استخـدم المسح بهـذه الطريقة للحصـول على تقديـر للمقاومة في أعمـاق تصل إلى مئات الأمتار. عقد المؤلف في آخر هذا الباب مقارنـة بين الطـرق الكهرومغناطيسية الزائلـة، والطـرق الكهرومغناطيسيـة المستمـرة،

وكذلك بين طرق الكهرومغناطيسية العابرة وطرق الاستقطاب الحثي.

استعرض المؤلف في **الفصل التاسع** طرق التردد شديد الانخفاض والطرق الكهرومغناطيسية الأخرى، حيث تطرق في بدايته إلى الأشعة ذات التردد شديد الانخفاض، وآلية انتقال موجاتها. كما أشار إلى أن الأرض أو الأيونوسفير ليست بالموصل المثالي؛ وبالتالي فقد تتشتت هذه الموجات على سطح الأرض أو يضيع بعضها في الفضاء، والبعض الأخر قد يخترق الأرض، وهو الذي يستخدم في أغراض الاستكشاف الجيوفيزيائي أو العسكري. ثم ناقش المؤلف الكشف عن مجالات التردد شديد الانخفاض، وتأثيرات المجال المغناطيسي، وأشار إلى أن التيارات الدوامية المستحثة بالمجال المغناطيسي لهذه الموجات ـ موجات ذات التردد شديد الانخفاض ـ تولد مجالات ثانوية لها نفس تردد المجال الأولي، ولكن بطور آخر. انتقل المؤلف بعد ذلك للحديث عن الأجهزة، وشرح بالتفصيل جهاز ال16 – em – الذي يعد أول جهاز جيوفيزيائي يستخدم بطريقة تجارية لقياس المجال المغناطيسي، ثم انتقل إلى عملية الترشيح وإمكانية اختزال التشويش عن طريق نوعين من المرشحات، وهما: مرشح فراسر، ومرشح كاروس هيلت. كما تحدث عن الإشعاعات الكهرومغناطيبسية الطبيعية، والمسموعة، ومصدر التحكم فيها. وختم هذا الفصل بمناقشة المبادئ الأساسية لهذه الطريقة وطريقة الحصول على البيانات ومعالجتها والإجراءات العملية لها.

خصص المؤلف **الفصل العاشر** للحديث عن طريقة رادار الاختراق الأرضي، مشيراً إلى أنها تعد وسيلة جيوفيزيائية جديدة نسبياً، حيث تعتمد في عملها على انعكاس طاقة كهرومغناطيسية تتراوح تردداتها من (١٠٠ – ١٥٠) هيرتز، ثم تطرق إلى أسس طريقة الرادار، وبدأ الحديث عن الديسبل، ثم عرج على عناصر الرادار، وآلية انعكاس نبضاته، ثم ناقش معادلة مدى الرادار رياضياً. انتقل بعدها إلى الأعمال المساحية، وتحدث عن إعداد الأجهزة، وقدم شرحا عن نظام الـGPR من حيث مكوناته، وطريقة عمله، وأنواع الأعمال المساحية وعناصرها.

بدأ المؤلف **الفصل الحادي عشر** بتعريف الموجات السيزمية بأنها طاقة صوتية تنتقل من خلال ذبذبة جزيئات الصخر، فيحدث لها تشوه وتحطم، ثم تحدث عن السرعات السيزمية وتعريفها، ثم ناقشها من خلال معادلات رياضية، كما ناقش بعد ذلك السرعات ومعادلة متوسط الزمن وأشكال مسار الشعاع وظاهرتي الانكسار والانعكاس. انتقل بعدها إلى الحديث عن المصادر السيزمية، كالديناميت، والمطارق، والتصادمية، والمتفجرات. انتقل بعد ذلك للحديث عن الكشف عن الموجات السيزمية باستخدام الكشافات السيزمية الأرضية (الجيوفونات)، أو الكشافات السيزمية البحرية (الهيدروفونات) والتي تعتمد في عملها على تحويل الطاقة الميكانيكية إلى إشارات كهربائية. ثم ناقش الجيوفونات ومكوناتها، ودورها في الكشف عن الموجات الثانوية، وعن الموجات في المياه والمستنقعات. اختتم المؤلف هذا الفصل بالحديث عن تسجيل الإشارات السيزمية، باستخدام أجهزة السيزموجراف التي تتفاوت في مقدرتها من جهاز يسجل حدثا سيزمياً واحداً، إلى أجهزة حديثة تقوم بالتحويل الرقمي للبيانات، وترشيح وتخزين الإشارات الواردة من أكثر من وحدة في الوقت نفسه.

استعرض المؤلف في **الفصل الثاني عشر** الطرق السيزمية الانعكاسية، موضحاً أنها تهدف إلى تحديد التراكيب الجيولوجية الحاملة للبترول على أعماق تصل إلى آلاف الأمتار، ثم انتقل للحديث عن نظرية الانعكاس بشكل مبسط، وقدم شرحاً رياضياً لمعامل الانعكاس والإعاقة الصوتية، بالإضافة إلى الترحيل العمودي وسرعة ديكس. ثم تحدث عن المصفوفات، وأشار إلى أنه في حالة المسح السيزمي المثالي يجب أن تصل الطاقة المنعكسة بعد مرور الموجات القريبة من السطح، وهذا غير محتمل إذا كان عمق الدراسة صغيراً جداً، وفي هذه الحالة فإن الجيوفونات يمكن أن تتصل في صفوف بكل قناة تسجيل. ثم تحدث عن مصفوفات القذف التي تستخدم فيها المفرقعات، مؤكداً أنه عند تسجيل الوقائع والأحداث الانعكاسية، فإن الأمر يحتاج إلى تحديد سرعات لتحويل الزمن إلى أعماق، ثم ختم هذا الفصل بالحديث عن التشويه الهندسي.

أشار المؤلف في **الفصل الثالث عشر والأخير** إلى أن الطرق السيزمية الانكسارية تُستخدم على نطاق واسع في دراسة منسوب سطح المياه الأرضية، وفي الأغراض الهندسية لتحديد الطبقات غير المتماسكة والقريبة من سطح الأرض. بدأ المؤلف هذا الفصل بالحديث عن المسح بالطريقة الانكسارية، موضحاً أن الأسطح الفاصلة ـ بين الطبقات ـ في المنطقة تحت الدراسة يجب أن تكون ضحلة ومستوية تقريبا بدرجة ميل أقل من ١٥ درجة، ثم تابع الحديث بشرح أطوال انتشار الانكسار، ومواضع القذف وأنواعه: الصغير، والطويل، والمركزي، مؤكداً اختلافهم في موقع التفجير بالنسبة لمواقع التسجيل. ثم تحدث عن التقاط الموجات الانكسارية الوافدة، وأشكال الزمن، والمسافة البينية، ثم انتقل بعد ذلك للحديث عن التفسير الحقلي، والذي يعد جزءاً أساسياً في العمل الحقلي السيزمي الانكساري، ثم ناقش أزمنة الاعتراض والطبقات المتعددة وتأثير الميل من خلال شرح بعض المعادلات الرياضية. ثم تحدث بعد ذلك عن تضاريس الوسط الانكساري والسرعات الحقيقية، موضحاً أن معظم الأوساط الانكسارية غير منتظمة ماعدا منسوب المياه الأرضية، وشرح الزمن التبادلي من خلال معادلات رياضية. انتقل بعد ذلك للحديث عن محدودية الطرق الانكسارية، حيث ناقش الموجات المباشرة منخفضة السرعة، والسرعات الرأسية وقياسها وأهميتها في حفر الآبار. وختم هذا الباب بالحديث عن محدودية عمليات الحفر، وشرح له مثالاً شرحاً وافياً.

يعد هذا الكتاب مرجعا علميا نظريا وميدانيا للمتخصصين في علم الجيوفيزياء، ومن المناسب ان يكون في مكتباتهم.



النبات البري في المنطقة الشرقية المملكة العربية السعودية

صدرت الطبعة الثانية من هذا الكتاب عام ١٤٣١هـ/٢٠١٠م، وهو من تأليف **حميد بن مبارك الدوسري**. تبلغ عدد صفحات الكتاب ٦٩٢ صفحة من القطع الكبير، ويعد أول كتاب علمي مصور عن النباتات البرية في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية وقد اشتملت هذه الطبعة على ٢٢٠مسمى -تشمل ٣١٢ نوعاً- من النبات البري من حيث الاسم العربي والانجليزي والعلمي (اللاتيني) وأماكن تواجدها وأجناسها المختلفة الموجودة بمنطقة الدراسة، وكذلك استخداماتها الغذائية والعلاجية وغيرها. وقد تم إعداد الكتاب بأسلوب علمي مبتكر وزوِّد بصور توضيحية ملونة جميلة ليكون مرجعاً علمياً لطلاب الدراسات النباتية وللرعاة والزراع والصيادلة والمهتمين بالطب الشعبي.

الإمداد المائي في المقياس الصغير مراجعة في التقنيات



صدرت الطبعة الأولى من هذا الكتاب في يونيو ٢٠١٠م، وهو باكورة سلسلة كتب التقنيات الإستراتيجية والمتقدمة، التي تعمل **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** والمنظمة العربية للترجمة على ترجمتها إلى العربية. قام بتأليف الكتاب باللغة الإنجليزية **برايان سكنر**، وقام بترجمته **د. محمد عبدالستار الشيخلي**. يحتوي الكتاب على سبعة فصول مدعمة بالأشكال والجداول التوضيحية بالإضافة لثلاثة ملاحق وثبت المصطلحات عربي- انجليزي وانجليزي- عربي. تناولت فصول الكتاب ما يلي:- مقدمة، سعة التصميم وأهليته، مصادر المياه، رفع المياه، الخزن، معالجة الماء، وتوزيع الماء بالأنابيب.

نشوء المدن الإلكترونية ودورها في إعادة تشكيل المدن الاعتيادية في المملكة العربية السعودية

صدر هذا الكتاب في طبعته الأولى عام ١٤٣٠هـ/٢٠٠٩م عن **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية**، وقام بتأليفه كل من الدكتور/ **فهد بن عبدالله بن نويصر الحريقي**، والدكتور/ **عمر بن جاربا بنا**، **والمهندس/ طلال بن عبدالله بن نويصر الحريقي**، بجامعة الملك فيصل بالدمام .

تبلغ عدد صفحات الكتاب ٣٨٥ صفحة من القطع المتوسط، ويحتوي - بالإضافة إلى الأشكال، والجداول، والملاحق - على أربعة أجزاء هي: منهجية الدراسة ومراجعة الأدبيات، المدن الاعتيادية وتطور تقنية المعلومات في المملكة العربية السعودية، والمدن الافتراضية والنشاطات الحضرية في المملكة العربية السعودية، ومناقشة النتائج والسياسات المقترحة لتكامل النشاطات الحضرية الاعتيادية والافتراضية وآليات تطبيقها. احتوت هذه الأجزاء الأربعة على تسعة فصول كالتالي: منهج الدراسة، ومراجعة الأدبيات، وتطور المدن الاعتيادية وخصائصها الاقتصادية الاجتماعية والفيزيقية، وتطور خدمات تقنية المعلومات والاتصالات بالمملكة، وخصائص المدن الافتراضية من خلال مسح المواقع الإلكترونية، وتأثير تقنية المعلومات على نشاطات السكان الحضرية الاعتيادية والافتراضية من خلال مسح ميداني، وتأثير تقنية المعلومات على نشاطات المؤسسات الحضرية الاعتيادية والافتراضية من خلال مسح ميداني، وثنائية النشاطات الحضرية، وسياسات مقترحة لتكامل النشاطات الحضرية الاعتيادية والافتراضية وآليات تطبيقها.



مسابقة العدد

ثمن ووزن اللحم

أرسلت ليلى خادمتها إلى السوق لتشتري ما تحتاج إليه من اللحوم، ولما عادت الخادمة من السوق سألتها ليلى ماذا أحضرت ؟ فأجابت بأنها اشترت ٢٠ كيلوجرام من لحم الضأن ولحم البقر، وأضافت أيضاً بأنها قد دفعت ٨٢ ريالاً ثمناً للحم الضأن، و ٢٩٦ ريالا ثمناً للحم البقر ، وأن ثمن كيلو لحم الضأن يزيد ريالين عن ثمن كيلو لحم البقر، فأعادت ليلى السؤال كم كيلوجراماً اشتريت من كل من لحم الضأن ولحم البقر؟ وما قيمة الكيلوجرام لكل منهما؟ هل تستطيع مساعدة ليلى في معرفة وزن وسعر كل منهما؟

إذا عرفت حل ثمن ووزن اللحم فلا تتردد في إرسال الإجابة؟

أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **ثمن ووزن اللحم** » فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي :

١- ترفق طريقة الحل مع الإجابة.

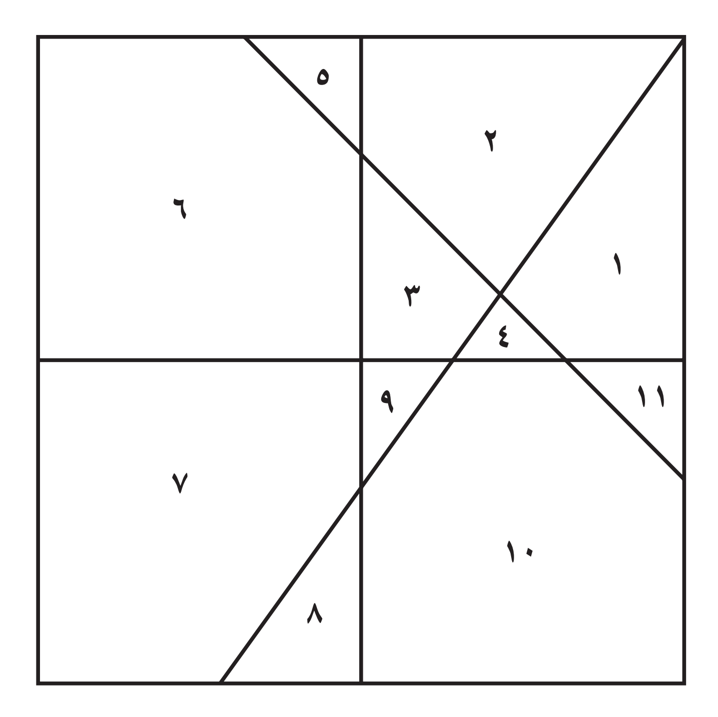
٢- تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء

٣- يوضع عنوان المرسل كاملاً مع ذكر رقم الاتصال هاتف، فاكس، بريد إلكتروني

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة منهم جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله تعالى.

حل مسابقة العدد السابق

قطعة الأرض



أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة العدد السابق، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروطالمسابقة، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد. وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من:

١- أسامة محمد العبيد / الرياض
٢- سعيد بن ناصر الدوسري / الرياض
٣- ياسر علي عوشر / القطيف

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد القادمة .

تقييم فعالية طرق الاستكشاف الجيوفيزيائي لدراسة المواقع الأثرية في المملكة العربية السعودية

يوجد في المملكة العربية السعودية مخزون حضاري أثري ضخم لعدة أمم سابقة تميزت بجبروتها وقوة حضارتها المادية، وتركت آثارها التي لا تزال في مواقع إقامتها تحت سطح الأرض. يتطلب التنقيب الأثري بالطرق التقليدية جهداً كبيرا ووقتاً طويلاً بالإضافة إلى تكلفته العالية، وقد يكون غير ناجحاً أحيانا. ولذا يستخدم المسح الجيوفيزيائي – لدراسة المواقع الأثرية - فهو سريع جدا، وغير مُكلِف، ولا يسبب تلفا للمواقع الأثرية، كما يتميز بنتائج عملية دقيقة.

تهتم الدراسات الأثرية بالكشف عن آثار الحضارات القديمة التي استوطنت الجزيرة العربية قبل ظهور الإسلام وبعده لدراستها وبناء تاريخ تلك الأمم. وقد كانت المملكة أحد مواطن الحضارات القديمة، ومهدًا لظهور الديانات السماوية، وبحسب ما تشير إليه الآيات القرآنية والروايات التاريخية كانت المملكة مهدا لأمة هود عليه السلام (عاد)، تلك الأمة التي ذكر القرآن الكريم أنها كانت مستوطنة في أرض الأحقاف جنوب شرق المملكة، إضافة إلى أن المملكة موطن لأصحاب الرس، وأصحاب الكهف والرقيم، ولأمة صالح عليه السلام (ثمود) والتي أخذت شهرة عالمية بجبروتها وقوة حضارتها المادية. كما أن من الأمم المعروفة قبل الإسلام قبيلة كندة في منطقة القصيم، ولا يتسع المجال لذكر تاريخ الكثير من الأمم التي ذكرت مصادر التاريخ أماكن مواطنها بالمملكة، وقد تركت تلك الأمم آثارها في مواقع إقامتها والتي لا تزال تحت السطح، وليس هناك من طرق للكشف عنها سوى الطرق العلمية ومنها التقنيات الجيوفيزيائية، التي تعد طرقا فعالة للاستكشاف الأثري بالمملكة، وتكمن فعاليتها في اختصار الجهد والوقت والمال وكذلك النتائج.

وإدراكاً من **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** بأهمية الموضوع فقد دعمت الدراسة المذكورة تحت الرقم (٢٠١-٢٩)، بهدف تصوير وتحديد الأهداف الأثرية المدفونة تحت السطح.

أجري البحث ضمن مركز الجيوفيزياء التطبيقية بمعهد بحوث البترول والغاز وكان الباحث الرئيس أ. خالد بن فرج المطيري، في الفترة من ١/٦/١٤٢٩هـ إلى ١/١٢/١٤٣١هـ.

تم في هذا المشروع الوطني اقتراح ١٧ موقعا أثرياً بالمملكة–من قِبل المختصين بالآثار– وتم اختيار خمسة مواقع منها لتطبيق هذا المشروع، بناءا على عدة معايير منها الشهرة والقيمة الأثرية العالية والتوزيع الجيولوجي والجغرافي، حيث تم استخدام عدة طرق جيوفيزيائية تتمثل في المسح الراداري (GPR)، والمسح الكهرومغناطيسي، والمغناطيسي، والتصوير الكهربي ثنائي وثلاثي الأبعاد بالإضافة إلى طرق الاستشعار عن بعد وتحليل صور الأقمار الصناعية.

أهداف الدراسة

تتلخص الأهداف الرئيسة للمشروع فيما يلي:-

١- تقييم مدى فعالية التقنيات الجيوفيزيائية المستخدمة للكشف عن المواقع الأثرية المختلفة بالمملكة، بناءا على اختلاف المواقع الجيولوجية.

٢- دعم خطط التنقيب والاستكشاف الأثري بطرق علمية، لدعم البرامج السياحية.

٣- ربط نتائج الدراسات والمعلومات الأثرية السابقة

للمواقع الأثرية مع نتائج التقنيات الجيوفيزيائية التي تم تطبيقها.

٤- نقل وتوطين التقنيات الجيوفيزيائية للجهات الوطنية المسؤولة عن الآثار.

٥- تقليل التكاليف على الجهات الوطنية المشرفة على الآثار.

٦- دخول التقنيات الجيوفيزيائية ضمن حاضنات التقنية بالمدينة في مجال الكشف عن المواقع الأثرية وتقديم استشارات علمية.

خطوات الدراسة

تشمل خطوات الدراسة ما يلي:-

١- جمع المعلومات والبيانات المتوفرة عن الموقع الأثري بما فيها الطبيعة الجيولوجية والطبوغرافية.

٢- تحديد الطرق الجيوفيزيائية المناسبة للموقع الأثري، وعمل التصميم الخاص بالعمل الحقلي.

٣- معالجة وتفسير بيانات المسح الجيوفيزيائي ومقارنة النتائج مع ما يتوفر من شواهد أثرية على السطح.

نتائج الدراسة

تتلخص نتائج الدراسة فيما يلي:-

١- أعطى المسح الجيوفيزيائي نتائج جيدة في المواقع الأثرية التي تم التطبيق عليها، من حيث تصوير الطبقات تحت سطح الأرض، وتحديد ما تحويه من الأهداف الأثرية المدفونة المختلفة (جدران وبقايا أثرية أو قنوات صغيرة مدفونة).

٢- تختلف نتائج الطرق الجيوفيزيائية المستخدمة من موقع إلى آخر بناء على الطبيعة الجيولوجية وطبيعة المواقع الأثرية ونوعية الآثار المدفونة فيها، وذلك من ناحية وضوح الأهداف تحت السطح، والدقة في تحديد الحجم والعمق الفعليين لتلك الأهداف الأثرية، ويعتمد هذا على اختلاف الخواص الفيزيائية للوسط المضيف مع الأهداف الأثرية المدفونة، وكذلك آلية عمل الطريقة الجيوفيزيائية.

٣- تعد طرق المسح الراداري (GPR) أفضل الطرق الجيوفيزيائية في المواقع الأثرية التي تمت دراستها، حيث تعطي نتائج رائعة في تصوير الطبقات والأهداف الأثرية القريبة من السطح ولأعماق تصل إلى سبعة أمتار في بعض المواقع.

٤- تختلف استجابة المواقع الأثرية – التي تمت دراستها – للتقنيات الجيوفيزيائية فيما بينها من موقع إلى آخر، بناءا على اختلاف التركيب الجيولوجي وظروف طبوغرافية سطح الموقع.

التوصيات

توصي هذه الدراسة بما يلي:-

١- استخدام طرق الاستكشاف الجيوفيزيائي المناسبة عند اتخاذ القرار بالتنقيب في أي موقع أثري، لما تتميز به من خفض التكلفة والسرعة في الانجاز والدقة العالية في النتائج - مقارنة بالطرق التقليدية - حيث حققت طرق المسح الجيوفيزيائي نجاحا عاليا الاستكشاف للمواقع التي تمت دراستها، وخاصة طرق المسح الراداري.

٢- دعم نتائج الاستكشاف الجيوفيزيائي بطرق الحفر الأثري لمعرفة ما تم تحديده من أجسام مدفونة، أو غرف أو جدران أثرية أو أجسام معدنية.

٣- تقييم فعالية الطرق الجيوفيزيائية المختلفة في الاستكشاف الأثري، وكذلك معرفة مدى استجابة المواقع الأثرية لتلك الطرق، من خلال تصميم المسح الجيوفيزيائي في المواقع الأثرية بشكل صغير ومختصر مقارنة بمساحة تلك المواقع.

٤- يتطلب تحقيق الاستفادة القصوى من المسح الجيوفيزيائي عمل مسح راداري يغطي مساحة معينة من الموقع حسب الخطة المقررة لمواسم التنقيب الأثري، ومن ثم عمل الحفر الأثري مباشرة بناءا على نتائج المسح.

٥- إنشاء وحدة جيوفيزيائية مصغرة لدى الجهات ذات العلاقة بالآثار، لتكون الأساس في الاستكشاف الأثري على مستوى المملكة، مع قيام المدينة بتقديم الاستشارات العلمية مما يساعد على نقل وتوطين التقنيات وتوحيد الجهود وتقليل التكاليف لخدمة قطاع الآثار بالمملكة.



المسح الجوي Airborne survey

قياسات جيوفيزيائية باستخدام الطائرات أو المروحيات - عند الحاجة إلي تغطية مساحات شاسعة في فترة زمنية صغيرة - على خطوط ملاحية محددة الاتجاه وبمسافات ثابتة بين خطوط الطيران.

سبر الآبار Bore hole logging

عملية تحديد القيم المتوسطة للصفات الفيزيائية لمكونات الأرض حول الآبار وداخلها، مثل: سبر الجهد الذاتي، وسبر المقاومية الكهربائية، وسبر النشاط الإشعاعي الطبيعي، وغيرها من الصفات الفيزيائية الأخرى.

مجال بوجير التثاقلي

Bouguer Gravity Field

المجال التثاقلي للأرض بعد إجراء تصحيحات البوجير (نسبه إلى العالم الفرنسي بيير بوجيه) والإرتفاع، وشكل الأرض على المجال التثاقلي المقاس.

التبعثر التصادمى Compton scattering

تبعثر طاقة المكونات الذرية للمواد بسبب اصطدامها بأشعة جاما الصادرة من نويات العناصر المشعة، مما يؤدى إلى تقليل القيم المسجلة للعناصر المشعة عن القيم الحقيقية.

قياس طيف أشعة جاما

Gamma-ray spectrometry

تقدير كمية أشعة جاما الصادرة من العناصر ذات النشاط الإشعاعي مثل اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم المشع.

الجيوئيد Geoid

سطح تساوي الجهد التثاقلي للأرض، وينطبق على مستوى سطح البحر عند خط الاستواء وعند أكبر نصف قطر للأرض، وتم اختياره ليمثل السطح المرجعي الذي يُعزى إليه بقية سطوح الجهد.

الإستكشاف الجيوفيزيائي

Geophysical exploration

استخدام الطرق والخواص الفيزيائية للصخور لاستكشاف ودراسة التراكيب الجيولوجية، والثروات، والمدفونات تحت سطح الأرض.

التوصيل الأيوني للتيار الكهربائي

Ion conduction of electric current

توصيل التيار الكهربائي بواسطة حركة الأيونات فى السوائل.

الاستقطاب الحث

Induced polarization

استقطاب كهربائي نتيجة لمرور تيار كهربائي خلال صخرة حاوية على معادن فلزية، عندها تتراكم الأيونات في الحد الفاصل بين المعدن والمحلول مؤديا إلى نمو فولتية كهروكيميائية عند سطوح الحبيبات المعدنية.

النمذجه العكسية Inverse Modeling

تقنيه لحساب توزيعات الكثافة أو القابلية المغناطيسية في البعد الثنائي أو الثلاثي لتحقيق مجال التثاقليه أو المغناطيسية المقاس.

نانوتسلا Nanotesla (nT)

وحده قياس شده متجه المجال المغناطيسي الذي يصف عدد خطوط الفيض المغناطيسي المارة عموديا خلال وحدة المساحة، وكل ١ نانوتسلا = ١ جاما.

المجال الكهرومغناطيسي الأولي

Primary Electromagnetic Field

المجال الناتج عن مرور تيار كهربائي في سلك أو ملف فوق سطح الأرض.

التفكك الإشعاعي

Radioactive decay

عملية تفكك عدد من نويات ذرات العناصر المشعة - مثل اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم - مع انبعاث جسيمات ألفا وبيتا وأشعة جاما.

المجال التثاقلي الإقليمي

Regional Gravity Field

مركبة المجال التثاقلي ذات الطول الموجي الأطول ، والناتجة عن التغيرات في كثافة الصخور الواقعة على أعماق أبعد من نطاق اهتمام الاستكشاف العام.

المجال التثاقلي المحلي

Residual Gravity Field

مركبة المجال التثاقلي ذات الطول الموحي الأقصر، المصاحبة للتغيرات في كثافة صخور القشرة الأرضية القريبة من السطح والتي تقع في نطاق الاستكشاف العام.

المجال الكهرومغناطيسي الثانوي

Secondary Electromagnetic Field

المجال الناشئ عن سريان التيار الكهربائي الثانوي في الأجسام المعدنية تحت السطحية، و يؤثر في شدة واتجاه المجال الكهرومغناطيسي الأولي بحيث يمكن التعرف على أماكن تواجد وأعماق وأحجام الأجسام المعدنية تحت السطحية .

الجهد الذاتى Self potential

قياس فرق الجهد الموجود طبيعيا داخل طبقات الأرض والناتج من التفاعلات الكهروكيميائية في الصخور والخامات المطمورة، ويقاس بالمللي فولت.

المسابر Sonds

أداة يتم إنزالها في البئر لتسجيل مختلف المعاملات الدالة على الصفات الفيزيائية للتكوينات الصخرية حول البئر.

القابليه المغناطيسية

Magnetic Susceptibility

مدى قدره المادة على التمغنط أثناء وجودها في مجال مغناطيسي خارجي، أي أنها النسبه بين شدة المغناطيسية (I) إلى المجال المستحث (H).

هم صنعوا التاريخ

وأنت تصنع المستقبل

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST



مؤسس علم التعمية أو التشفير

هو أبو يوسف يعقوب بن إسحاق، عالم كبير عاش في القرن الثالث الهجري - التاسع الميلادي. ألّف الكندي أكثر من ٢٠٠ كتاب تناولت مواضيع مختلفة منها الحساب، والهندسة، والطب، والتعمية (التشفير) والفيزياء، والمنطق، والفلسفة والمد والجزر، وعلم المعادن، وأنواع الجواهر، وأنواع الحديد. كما كان من أوائل مترجمي مؤلفات اليونان إلى العربية وقد ترجمت معظم كتب الكندي إلى اللغة اللاتينية. فكان لها تأثير كبير على تطور علوم كثيرة على امتداد قرون حتى عصرنا الحاضر، وله السبق في علم التعمية وكسرها.



الحماية من الرياح الشمسية

تنطلق من الشمس رياح شمسية تسير بسرعة عالية جداً تتراوح ما بين ١,٦ إلى ٣,٢ مليون كيلومتر/ساعة، تحمل تلك الرياح جسيمات مشحونة لو وصلت إلى الأرض فإنها قد تسبب ضرراً بالغاً للكائنات الحية على سطحها، ولكن قدرة الخالق - سبحانه وتعالى - حمت الأرض من آثارها بوجود مجال مغناطيسي حولها يعرف بالماغنوسفير أو الغلاف المشحون الدائر مع الأرض. يعمل هذا الغلاف على جذب الجسيمات المشحونة ويمنعها من الوصول إلى الأرض.



فلذات أكبادنا

يسرنا أن نستعرض لكم التجربة التالية التي تهدف إلى مساعدتكم في معرفة كيف تتم حماية الأرض من الرياح الشمسية؟.

الأدوات

أنبوبا شفط العصائر والمشروبات الغازية، وورقتين A4، وقضيب مغناطيسي، وبرادة حديد.

خطوات العمل

١- غط المغناطيس بإحدى الورقتين.

٢- اثن الورقة الثانية على شكل حرف (U) وضع بداخلها برادة الحديد.

٣- امسك الورقة المثنية على بعد ١٥سم تقريباً من سطح المغناطيس.

٤- انفخ من خلال أنبوب شفط العصير باتجاه برادة الحديد الموجودة بداخل الورقة المثنية، شكل (١)، ماذا تشاهد؟

المشاهدة

نشاهد أن برادة الحديد قد تطايرت مع الهواء المنطلق من الأنبوب واتجهت نحو المغناطيس، وتجمعت حوله، وآخذة شكله.

الإستنتاج

نستنتج من هذه التجربة أن الهواء المنطلق من الأنبوب قد حمل برادة الحديد بما يشبه الرياح الشمسية فقام المجال المغناطيسي بالإمساك بها، ولم يسمح لها بالعبور، وهذا يشبه تماماً ما يقوم به غلاف الماغنوسفير المحيط بالأرض.

المصدر

سلسلة العلماء الصغار/ تجارب مسلية في الفلك/ دار الرشيد، دمشق- بيروت.



ابـن الهيـثـم

مؤسس علم البصريات

هو محمد بن الحسن بن الهيثم أبو علي البصري ولد في البصرة سنة ٣٦٥هـ (٩٦٥م). عالم عربي لقّب بأمير النور، إذ درس ظواهر إنكسار الضوء وإنعكاسه بشكل مفصّل، وهو أول من أدرك أن الأشعة الضوئية لاتنبعث من العين بل تدخل إليها، كما أرسى أساسيات علم العدسات وشرّح العين تشريحاً كاملاً. وهو أول من قام بتجارب الكاميرا. كما وصف الكاميرا ذات الثقب بعد أن لاحظ الطريقة التي يمر بها الضوء خلال ثقب في مصراعي نافذة، واستنتج أنه كلما صغر ثقب الكاميرا كلما كانت الصورة أفضل وبهذا نشأت أول كاميرا مظلمة والتي تعتبر كسلف للكاميرا الحالية. علماً بأن كلمة الكاميرا هي الأسم المشتق من الكلمة العربية "القمرة" وتعني الغرفة المظلمة بشباك.

شريط المعلومات

شهر ابريل ٢٠١٠م يشهد أعلى درجات الحرارة في التاريخ

أشارت إدارة حماية البيئة والمحيطات بالولايات المتحدة (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA)، أن درجات الحرارة على اليابسة والمحيطات خلال شهر ابريل من عام ٢٠١٠م سجلت الرقم القياسي الأعلى في التاريخ، كما أشارت إلى أن معدل درجات الحرارة في المحيطات للشهور الأربعة الأولى من عام ٢٠١٠م بلغ أعلى معدل على مر التاريخ، بينما بلغت درجة حرارة اليابسة خلال تلك الفترة ثالث أعلى درجة حرارة تم رصدها.

الجدير بالذكر أن إدارة حماية البيئة والمحيطات (NOAA)، تقوم بتحليلات شهرية تفصيلية مستمرة للتغيرات المناخية التي تحدث على كوكب الأرض، وذلك منذ عام ١٨٨٠م، كما أن هناك تعاونا وثيقا بين هذه الإدارة وصناع القرار في الولايات المتحدة لاتخاذ القرارات المناسبة لحماية البيئة من مختلف الملوثات البيئية.

يشير الخبراء إلى أن متوسط درجة حرارة المحيطات واليابسة – مجتمعة – لشهر ابريل وصلت أعلى معدل لها، حيث بلغت ١٤,٥ ْم، بزيادة قدرها ٠,٨ ْم عن متوسط درجات الحرارة للأرض خلال القرن العشرين كاملا. أما خلال الفترة من يناير إلى ابريل ٢٠١٠م فقد بلغ متوسط درجات حرارة المحيطات واليابسة ١٣,٣ ْم بزيادة قدرها ٠,٦٩ ْم عن المعدل الطبيعي خلال سنوات القرن العشرين.

من جانب آخر يضيف خبراء الأرصاد بإدارة حماية البيئة والمحيطات أن درجة حرارة المحيطات والبحار في شهر ابريل عام ٢٠١٠م، زاد بمقدار (٠,٥٧ ْم) عن المعدل الطبيعي الذي تم تسجيله خلال القرن العشرين – والذي بلغ (١٦ ْم) – حيث تم رصد هذه الزيادة من خلال عدة مواقع على خط الاستواء.

الجدير بالذكر أن الزيادة في درجات الحرارة بالنسبة لليابسة في شهر ابريل ٢٠١٠م، بلغت نحو (١,٢٩ ْم) أعلى من متوسط درجات الحرارة خلال سنوات القرن العشرين كاملة والمقدرة بنحو (٨,١ ْم). وقد ظهرت تلك الزيادة في درجات الحرارة بشكل واضح في كندا، والاسكا، وشرق الولايات المتحدة، وأستراليا، وجنوب شرق آسيا، وشمال أفريقيا، وشمال روسيا، بينما شهدت مناطق أخرى – منغوليا، الأرجنتين، شرق روسيا، غرب الولايات المتحدة، ومعظم أنحاء الصين – برودة أكثر من المعتاد في شهر ابريل ٢٠١٠م.

إضافة لذلك فقد شهد شهر ابريل ٢٠١٠م، تراجعاً في موجات النينو الجنوبية (El Nino Southern Oscillation – ENSO)، مسببة انخفاض درجات حرارة مياه المحيط الهادي في المناطق الاستوائية بشكل مفاجيء؛ مما أدى إلى حدوث ارتفاع لدرجة الحرارة في باقي المحيطات والبحار في الكرة الأرضية بشكل ملحوظ.

وبالنسبة لكتل الجليد في المحيط المتجمد الشمالي: فإنها كانت أقل من المعتاد في شهر ابريل ٢٠١٠م – أقل من شهر ابريل في الإحدى عشرة سنة الماضية – حيث غطى الجليد مساحة متوسطها ١٤,٧ مليون كيلومتر مربع، وهي تعد أقل نسبة من معدل كتل الجليد في القطب الشمالي خلال الفترة ما بين ١٩٧٩م إلى ٢٠٠٠م بمقدار ٢,١٪، كما أن معدل ذوبان الجليد في القطب الشمالي خلال ابريل ٢٠١٠م يعد الأسرع في التاريخ منذ عام ٢٠٠١م.

أما في القطب الجنوبي (Antarctica)، فقد بلغ معدل ذوبان كتل الجليد في شهر ابريل ٢٠١٠م أقل من معدل ذوبانه خلال الفترة (١٩٧٩م – ٢٠٠٠م) بنحو ٠,٣٪، وطبقا لصور الأقمار الصناعية التي التقطتها إدارة حماية البيئة والمحيطات في ابريل ٢٠١٠م، فإن معدل اتساع رقعة الجليد في كوكب الأرض يأتي في المرتبة الرابعة من حيث أقل معدلات الذوبان منذ عام ١٩٦٧م، وأقل من معدل ذوبان للجليد حدث خلال الفترة ما بين ١٩٦٧م إلى ٢٠١٠م في نصف الكرة الأرضية الشمالي.

كما أدى ارتفاع درجات الحرارة في نصف الكرة الشمالي إلى انخفاض معدلات تساقط الجليد في أمريكا الشمالية وأوروبا وأجزاء من روسيا، حيث بلغ معدل امتداد مساحات اليابسة المغطاة بالجليد في أمريكا الشمالية خلال شهر ابريل ٢٠١٠م، أقل معدل امتداد في التاريخ.

فضلا عن ذلك يشير خبراء الأرصاد في أستراليا أن منطقتي فيكتوريا وتاسمانيا شهدت خلال اثني عشر شهرا مضت (ابريل ٢٠٠٩م – ابريل ٢٠١٠م)، أعلى درجات حرارة تم تسجيلها منذ إنشاء وكالة الأرصاد وحماية البيئة في أستراليا.

كما يشير الباحثون بمركز رصد المناخ في بكين بالصين أن شهر ابريل ٢٠١٠م كان الأكثر برودة منذ عام ١٩٦١م، وشهدت بعض المدن الصينية مثل لياونينغ وجيلين وشاندونغ خلال شهر ابريل أكثر الأجواء برودة في التاريخ.

وتذكر وكالة خدمات الأرصاد في ألمانيا أن شهر ابريل ٢٠١٠م، يعد الثاني في أكبر معدلات الجفاف – بعد عام ٢٠٠٧م – والذي يتم تسجيله منذ عام ١٩٠١م.

تعد التقارير المناخية الشهرية المستمرة التي تقدمها (NOAA) ذات أهمية بالغة للباحثين والعلماء وزعماء العالم؛ للاستفادة منها في تقصي التغيرات المناخية السلبية التي تؤثر على كوكب الأرض، كما يقوم خبراء الأرصاد بإدارة (NOAA) بتوجيه المزارعين لتحديد مناطق وأوقات الزراعة المناسبة لهم خلال العام، إضافة إلى تزويدهم بمعلومات مهمة عن مصادر المياه والطاقة اللازمة لمحاصيلهم الزراعية.

المصدر:-

www.sciencedaily.com(May17,2010)

جهاز للكشف عن حشرات المخازن

نجح الباحثان **توم بيرسون (Tom Pearson)**، **دان برابيك (Dan Brabec)**، من وحدة أبحاث الهندسة وطاقة الرياح التابع لمركز أبحاث الحبوب وصحة الحيوان بمانهاتن، كانساس – أحد مراكز خدمات البحوث الزراعية (Agriculture Research Service – ARS)، وبالتعاون مع شركة الصناعات الوطنية، لنكولن، نبراسكا، الولايات المتحدة – في تطوير جهاز إلكتروني يمكنه الكشف عن وجود حشرات المخازن – خاصة في دقيق القمح، والتي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ولا يمكن الكشف عنها بالوسائل التقليدية الأخرى، وذلك بهدف تطوير إدارة تخزين الحبوب.

تم تسمية الجهاز المذكور بجهاز تخطيط الحشرة (Insect-o-graph)، وهو يعمل عن طريق إصدار إشارات كهربائية توصيلية (Electrical conductance signals) يمكن بواسطتها الكشف عن وجود الحشرات الدقيقة الحجم الموجودة في عينة دقيق القمح، حيث تصدر شرارة كهربائية يستقبلها جهاز حاسب آلي يقوم بتحديد عدد الحشرات الموجودة في كل كيلوجرام واحد من عينة دقيق القمح، بحسب شدة تلك الإشارة الكهربائية.

كما أن هذا الجهاز يمكنه الكشف عن المعدلات المنخفضة من بذور القمح التالفة والموبوءة بدقة تتراوح بين ٥ إلى ١٠ بذور من بين ٣٠ ألف بذرة سليمة.

الجدير بالذكر أن الكشف عن الحشرات في الحبوب المخزونة يعد إجراء مهما للتأكد من جودة تلك الحبوب، وذلك لأن مستعمرات الحشرات الموجودة فيها يمكنها التكاثر والانقسام بشكل متكرر لعدة أسابيع وأحيانا عدة أشهر.

كما يمكن لهذا الجهاز المبتكر أن يكشف – أيضا – عن وجود الحشرات الحية والميتة الموجودة في عينة قمح وزنها كيلوجرام واحد خلال فترة زمنية لا تتجاوز الدقيقة الواحدة، وسيمكن هذا الجهاز ملاك شركات الحبوب من تلافي الخسائر الناجمة عن الآفات الحشرية التي تسبب الأضرار الصحية للمستهلكين.

المصدر:-

www.sciencedaily.com (June 24,2010)

الشوكولاتة الداكنة تخفض ضغط الدم

اكتشف باحثون بجامعة أدلايد، أستراليا، أن تناول الشوكولاتة الداكنة يساهم بشكل كبير في خفض ضغط الدم لدى الأشخاص الذين يعانون من ارتفاع ضغط الدم المزمن، وذلك لاحتوائها على مادة الفلافانول (Flavanols) الفعالة والتي تعد أحد مضادات الأكسدة (Antioxident) والتي تنتمي إلى مجموعة مركبات الفلافونويدات (Flavonoids).

تشير نتائج ١٥ دراسة قام بها الباحثون في المجلة الطبية (BMC- Bio Medical Central Journal)، تم جمعها حول تأثير مادة الفلافانول إلى أن فعاليتها تكمن في توسيع الأوعية الدموية.

وفي دراسة أخرى قامت بها الأستاذة **كارين رايد (Karen Ried)** وزملاؤها بجامعة أدلايد، أستراليا حول تأثير مادة الفلافانول على الأوعية الدموية، أوضحت أن تلك المادة تعمل على زيادة تكوين حمض أكسيد النيتروز الغشائي (Endothelial nitric oxide)، المبطن للأوعية الدموية، والذي له دور رئيس في توسيعها؛ وبالتالي يخفض ضغط الدم. وبذلك فقد استنتج الفريق المذكور أن تناول الشوكولاته الداكنة يخفض ضغط الدم للأشخاص المصابين بضغط الدم المرتفع، وليس الأشخاص ذوو ضغط الدم العادي.

أظهرت النتائج التي جمعها فريق **رايد** البحثي أن مقدار الانخفاض في ضغط الدم بلغ ٥ ملم زئبق انقباضا للأشخاص المصابين بالتوتر الزائد (Hypertension)، قد يرتبط هذا الانخفاض بالظروف السريرية، وعليه يمكن مقارنة معدل الانخفاض في ضغط الدم الذي يحدثه تناول الشوكولاته الداكنة بالتأثير الذي تحدثه التمارين الرياضية بعد ممارستها يوميا لمدة ٣٠ دقيقة (٤-٩ ملم زئبق) والتي تخفض خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية بنسبة ٢٠٪ طيلة خمسة أعوام.

من جانب آخر تحذر **رايد** من الأضرار طويلة المدى لتناول الشوكولاته الداكنة والتي لازالت محل دراسة.

المصدر:-

www.sciencedaily.com(June28,2010)



ابن خلدون

مؤسس علم الاجتماع

ولي الدين عبد الرحمن بن محمد بن خلدون الحضرمي أحد العلماء الذين تفخر بهم الحضارة الإسلامية، فقد ترك تراثاً مازال تأثيره ممتداً حتى اليوم . ولد ابن خلدون في تونس عام ٧٣٢هـ (١٣٣٢م) وحفظ القرآن الكريم في طفولته. امتاز ابن خلدون بسعة اطلاعه على ما كتبه القدامى وعلى أحوال البشر وقدرته على استعراض الآراء ونقدها، ودقة الملاحظة مع حرية في التفكير وإنصاف أصحاب الآراء المخالفة لرأيه، كان لمؤلفاته عن التاريخ موضوعية. وهو مؤسس علم الاجتماع وأول من وضع أسسه الحديثة.



مع القراء

قراءنا الأعزاء

كل عام وانتم بخير، ونعتذر عن تأخر صدورهذا العدد في وقته المناسب لأسباب خارجة عن إرادتنا، ونحن إذ نلتقيكم فإننا نُسر وتفتخر بقراء يسألون ويحرصون على كل ما يغذي العقل ويوسع مداركه، ولذلك نحرص على تقديم كل ما يفيد القارئ العربي حتى تظل هذه المجلة نبراسا يضيء الدرب لغد أجمل .

الأخ الكريم / حمود أحمد عبدالله – بيشة

وصلتنا رسالتك، ونشكرك على ما ورد فيها من عبارات الثناء، فما نقوم به من جهود هو واجب علينا نحو مجتمعنا حتى يحظى بموقع متقدم بين الأمم، ويسرنا تزويدك بما طلبت من أعداد متوفرة.

الأخ الكريم / محمد مرسي محمد – الرياض

أهلا بك قارئا جديدا، ورسالتك إلى المجلة محط اهتمامنا، ولذلك يسرنا إضافتك إلى قائمة الإهداءات، أملين وصولها إليك قريبا.

الأخ الكريم / محمد عبدالله المرزوق- بريدة

نشكر لك ثنائك على ما تقدمه المجلة من تنوع في العلوم والفوائد، ويسعدنا ودكم وحسن ظنكم، ونفيدك بأنه قد تمت إضافتك في قائمة الإهداءات، راجين وصولها وانتظامها إليك قريبا.

الأخ الكريم / محمد بن عمر جحلان – جدة

كلماتك أسعدتنا، وإعجابك بالمجلة وافتخارك واعتزازك بها كرافد من روافد المعرفة، يدفعنا للبذل حتى نضيف للأجيال رصيدا ثقافيا يعينها على بلوغ المرام. ونحن إذ نفتخر بك قارئا جديداً ونسعى جاهدين للتواصل معك ومع المهتمين غيرك، فإنه يسرنا إضافة اسمك إلى قائمة الإهداءات وتزويدك بالمجلة ، أملا في قطف الفائدة ونشرها.

الأخ الكريم / محمد سعيد البريكي – الجبيل

يسعدنا تنفيذ طلبك في إدراج اسمك في قائمة الإهداءات وتزويدك بالمجلة، ونرحب كذلك بزيارتك للاطلاع على ما نقدمه، والتعرف على المجالات التي يمكننا مساعدتك فيها، فأهلا بك قارئاً جديداً، وأهلاً بك زائراً.

الأخ الكريم / صالح جلاج – الجزائر

وصلتنا رسالتك، ونشكرك على إعجابك بالمجلة وثنائك عليها، ويسرنا إبلاغك بإضافتك في قائمة إهداءات المجلة، ونحن سعداء بك قارئاً جديداً.

الأخ الكريم /إبراهيم بن علي العبيكي – عنيزة

نشكر لك تقديرك واهتمامك بالمجلة، ونحن بدورنا نقدر حرصك على اقتنائها، ولذلك نفيدك بإضافتك إلى قائمة إهداءات المجلة، راجين وصولها إليك قريباً.

الأخ الكريم / أحمد بن عبدالله بن عثمان – الباحة

وصلتنا رسالتك الرائعة، ومررنا على علاقتك التاريخية بالمجلة، وانتظامها في الوصول إليك، سائلين المولى استمرارها، ولا شك أن ثناءك وشهادتك بنجاح المجلة لهو وسام نعتز به ويحفزنا لبذل المزيد من الجهد، ونشكرك على اقتراحاتك، كما نفيدك أن المجلة توزع لجميع مدارس المملكة في مراحلها المتوسطة والثانوية أملاً في الوصول إلى شريحة الطلاب وتثقيفهم، راجين بناء مجتمع متسلح بالعلم والمعرفة، وختاما يسعدنا التواصل معك على العنوان البريدي الجديد.

الأخ الكريم / محمد أحمد الحكيم – جدة

نشكرك على تواصلك معنا، ويسعدنا تحقيق طلبك في الانضمام إلى قائمة إهداءات المجلة ، فذلك محط اهتمامنا، فأهلاً بك.

الأخت الكريمة / خليف مريم – الجزائر

سعدنا بتعرفك على المجلة، وبما ورد في رسالتك من ثناء عليها وعلى القائمين عليها، ويسرنا تزويدك بالأعداد التي طلبتها، وكذلك إضافتك إلى قائمة قراء المجلة، آملين وصولها قريباً.

الأخ الكريم / قريشي محمد – الجزائر

وصلتنا رسالتك، وشكر لك اهتمامك، ونفيدك بأنه قد تم تعديل عنوانك البريدي منذ زمن، ولكن تأخرها في الوصول يعود لتأخر صدور هذا العدد في وقته، لأسباب خارجة عن إدارتنا.

الأخ الكريم / صالح بن محمد الثنيان – الأحساء

نشكر لك ما قدمته في رسالتك من ثناء وعرفان على المجلة ، وعلى القائمين عليها ، ونحمد الله على انتظامها في الوصول إليك، كما نقدر لك تواصلك الجميل مع المجلة، فشكرا لك.

الأخ الكريم / عبدالرؤوف بن ساسي – تونس

قرأنا رسالتك باهتمام بالغ، ونحن نقدر اجتهادك وحرصك على التواصل معنا في سبيل اقتناء المجلة، ويسرنا إضافتك إلى قائمة الإهداءات، فأهلاً بك قارئاً جديداً.

الأخ الكريم / عبدالهادي غيلاني – الجزائر

نشكرك على شعورك النبيل تجاه المجلة والقائمين عليها، ويسرنا تلبية طلبك في أن تكون صديقاً دائماً للمجلة، أملين أن تكون بين يديك قريباً.





حيث تنمو المعرفة

مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
رقم الوثيقة: 05P0007-MAG-0007-AR01
www.kacst.edu.sa